

ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS EDIFICIOS DE  
MECÁNICA E INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA  
DE PEREIRA

JORGE ALEXANDER RANGEL RUIZ

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE TECNOLOGÍA  
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA  
PEREIRA  
2008

ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS EDIFICIOS DE  
MECÁNICA E INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA  
DE PEREIRA

JORGE ALEXANDER RANGEL RUIZ

TRABAJO DE GRADO  
PARA OPTAR AL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTRICIDAD

DIRECTOR  
CARLOS ALBERTO RÍOS PORRAS  
INGENIERO ELECTRICISTA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE TECNOLOGÍA  
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA  
PEREIRA  
2008

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

A TODAS LAS PERSONAS QUE ME  
APOYARON Y CREYERON EN MÍ E  
HICIERON QUE ESTE SUEÑO SE  
HICIERA REALIDAD, GRACIAS MAMÁ  
POR ESTAR SIEMPRE AHÍ, GRACIAS  
ABUELA POR TU APOYO  
INCONDICIONAL Y GRACIAS A MI  
HERMANA Y A MI NOVIA LUISA POR  
TODO EL AMOR Y PACIENCIA QUE ME  
TUVIERON DURANTE ESTE PROCESO.

## **AGRADECIMIENTOS**

*Primero doy gracias a la vida, a Dios por haberme permitido tener la oportunidad de culminar esta carrera con satisfacción, también agradezco muy sinceramente a todos los que participaron en este proyecto e hicieron que este pudiera ser finalizado de manera optima. Al ingeniero Carlos Alberto Ríos Porras por el apoyo y la dedicación que me ofreció durante este trabajo.*

*Finalmente doy gracias a la UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA que nos ofreció todas las instalaciones para sacar adelante nuestra carrera, y a todos los ingenieros que conforman el programa de Tecnología Eléctrica.*

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	14
1. USO RACIONAL DE ENERGÍA .....	16
1.1. ¿QUÉ ES EL USO RACIONAL DE LA ENERGÍA? .....	16
1.2. ¿CÓMO HACER USO RACIONAL DE LA ENERGÍA? .....	17
1.3. COLOMBIA Y SUS PRIMEROS PROYECTOS SOBRE EL USO RACIONAL DE LA ENERGÍA. ....	18
1.4. PROTOCOLO DE KYOTO .....	19
1.5. PROYECTOS DE MECANISMOS DE DESARROLLO LIMPIO (MDL) .....	20
2. EDUCACIÓN PARA EL USO RACIONAL DE LA ENERGÍA .....	21
2.1. CONSUMO ENERGÉTICO .....	21
2.2. SISTEMAS DE ILUMINACIÓN Y EL CONSUMO DE ELECTRICIDAD. ....	22
2.3. TIPOS DE LÁMPARAS. ....	23
2.3.1. Lámparas incandescentes. ....	24
2.3.2. Lámparas halógenas. ....	26
2.3.3. Lámparas de descarga. ....	27
2.3.4. Lámparas de luz de mezcla. ....	36
2.4. ILUMINACIÓN DE ESTADO SOLIDO .....	37
2.4.1. ¿Qué es un LED? .....	38
2.4.2. Ventajas de los LED`S .....	38
2.4.3. Tipos de lámparas de estado sólido .....	39
2.5. EL CONSUMO DE ENERGÍA DE LOS APARATOS ELECTRÓNICOS. ....	42
2.6. LOS MOTORES ELÉCTRICOS Y SUS CARACTERÍSTICAS. ....	44
2.6.1. ¿Qué es la eficiencia en un motor? .....	44
2.6.2. Cuidado con las reparaciones .....	45
2.6.3. Motores eléctricos y el factor de potencia .....	45

<b>3. PROGRAMAS DE AHORRO DE ENERGÍA</b>	<b>47</b>
3.1. PROGRAMA DE MASIFICACIÓN DE LUMINARIAS EFICIENTES EN EDIFICIOS PÚBLICOS SEGÚN LA UPME.	47
3.2. PROGRAMAS URE EMPRESAS DE SERVICIOS PÚBLICOS (ESP)	51
3.2.1. Empresas distribuidoras y comercializadoras de energía eléctrica	52
3.2.2. Empresas distribuidoras de gas natural	52
3.3. PROGRAMA DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA.	52
3.3.1. Alternativas para ahorro de energía en transformadores.	53
3.3.2. Alternativas para ahorro de energía en sistemas de iluminación	53
3.3.3. Alternativas para ahorro de energía en motores eléctricos.	54
<b>4. EFICIENCIA ENERGÉTICA</b>	<b>56</b>
4.1. ¿QUÉ ES LA EFICIENCIA ENERGÉTICA?	57
4.2. ¿COMO SE CONSIGUE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA?	57
4.3. AUDITORÍA ENERGÉTICA.	58
4.3.1. ¿Qué es una auditoría energética?	58
4.3.2. ¿Por qué es necesaria una auditoría energética?	59
4.3.3. Complementos a la auditoría energética	59
4.4. CARACTERIZACIÓN DE LA ENERGÍA	60
4.4.1. ¿Qué es la caracterización de la energía?	61
4.4.2. ¿Para qué sirve la caracterización energética?	61
4.4.3. ¿Qué se requiere para realizar la caracterización de la energía?	61
4.5. SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA	62
4.5.1. ¿Qué es gestión energética?	62
4.5.2. Objetivos de la gestión energética	63
4.5.3. Funciones de la gestión energética	63
<b>5.EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS EDIFICIOS DE MECÁNICA E INDUSTRIAL</b>	<b>65</b>
5.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS EDIFICIOS DE MECÁNICA E INDUSTRIAL	65
5.1.1. Caracterización del edificio de Mecánica	65
5.1.2. Caracterización del edificio de Industrial	70
5.2. INVENTARIO DE EQUIPOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS	76

5.2.1.	<i>Inventario de equipos en el edificio de Mecánica</i>	76
5.2.2.	<i>Inventario de equipos en el edificio de Industrial</i>	77
5.3.	<b>CARACTERIZACIÓN DE LOS EQUIPOS</b>	77
5.3.1.	<i>Equipos de cómputo</i>	78
5.3.2.	<i>Iluminación</i>	94
5.3.3.	<i>Impresoras</i>	100
5.4.	<b>SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA</b>	104
5.4.1.	<i>Consumo de energía en el edificio de Mecánica</i>	104
5.4.2.	<i>Consumo de energía en el edificio de Industrial</i>	105
5.4.3.	<i>Equipos de oficina</i>	107
5.4.4.	<i>Iluminación</i>	108
5.4.5.	<i>Motores eléctricos</i>	110
<b>CONCLUSIONES</b>		112
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		116



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. ADMINISTRACIÓN DE ENERGÍA VS. CONSUMO.....	18
FIGURA 2. COMPONENTES DE UNA LÁMPARA INCANDESCENTE.....	25
FIGURA 3. RENDIMIENTO DE UNA LÁMPARA INCANDESCENTE.....	26
FIGURA 4. LÁMPARA HALÓGENA.....	26
FIGURA 5. LÁMPARA DE DESCARGA.....	28
FIGURA 6. LAS LÁMPARAS FLUORESCENTES TUBULARES.....	29
FIGURA 7. LAS LÁMPARAS FLUORESCENTES DE TAMAÑO REDUCIDO.....	29
FIGURA 8. RENDIMIENTO DE LA LÁMPARA FLUORESCENTE.....	30
FIGURA 9. RENDIMIENTO DE LA LÁMPARA DE MERCURIO DE ALTA PRESIÓN.....	31
FIGURA 10. COMPONENTES DE UNA LÁMPARA DE VAPOR DE MERCURIO.....	32
FIGURA 11. LÁMPARAS DE HALOGENUROS METÁLICOS.....	33
FIGURA 12. COMPONENTES DE UNA LÁMPARA DE SODIO A BAJA PRESIÓN.....	34
FIGURA 13. RENDIMIENTO DE LA LÁMPARA DE SODIO DE BAJA PRESIÓN.....	34
FIGURA 14. COMPONENTES DE UNA LÁMPARA DE VAPOR DE SODIO ALTA PRESIÓN.....	35
FIGURA 15. RENDIMIENTO DE LA LÁMPARA DE VAPOR DE SODIO ALTA PRESIÓN.....	36
FIGURA 16. LÁMPARAS DE LUZ DE MEZCLA.....	36
FIGURA 17. CONSUMO ENERGÉTICO POR LÁMPARA.....	37
FIGURA 18. VOLTAJES DE FASE PROMEDIO DEL EDIFICIO DE MECÁNICA.....	66
FIGURA 19. CORRIENTES DE FASE PROMEDIO DEL EDIFICIO DE MECÁNICA.....	67
FIGURA 20. POTENCIA ACTIVA POR FASE DEL EDIFICIO DE INDUSTRIAL.....	68
FIGURA 21. POTENCIA ACTIVA TRIFÁSICA PROMEDIO DEL EDIFICIO DE MECÁNICA.....	68
FIGURA 22. POTENCIA REACTIVA PROMEDIO DEL EDIFICIO DE MECÁNICA.....	69
FIGURA 23. POTENCIA APARENTE PROMEDIO DEL EDIFICIO DE MECÁNICA.....	69
FIGURA 24. FACTOR DE POTENCIA PARA EL EDIFICIO DE MECÁNICA.....	70
FIGURA 25. VOLTAJES DE FASE PROMEDIO DEL EDIFICIO DE INDUSTRIAL.....	71
FIGURA 26. CORRIENTES DE FASE PROMEDIO DEL EDIFICIO DE INDUSTRIAL.....	72
FIGURA 27. POTENCIA ACTIVA EN EL EDIFICIO DE INDUSTRIAL.....	73
FIGURA 28. POTENCIA REACTIVA POR FASE EN EL EDIFICIO DE INDUSTRIAL.....	74
FIGURA 29. POTENCIA APARENTE TRIFÁSICA DEL EDIFICIO DE INDUSTRIAL.....	74
FIGURA 30. FACTOR DE POTENCIA PARA EL EDIFICIO DE INDUSTRIAL.....	75
FIGURA 31. MONITOR DE TUBOS DE RAYOS CATÓDICOS.....	78
FIGURA 32. ONDA DE VOLTAJE DE UN MONITOR CRT.....	78
FIGURA 33. ESPECTRO ARMÓNICO DE VOLTAJE DE UN MONITOR DE CRT.....	79
FIGURA 34. ONDA DE CORRIENTE DE UN MONITOR CRT.....	79
FIGURA 35. ESPECTRO ARMÓNICOS DE CORRIENTE DE UN MONITOR CRT.....	80
FIGURA 36. CONSUMO DE POTENCIA ACTIVA DE UN MONITOR CRT.....	80
FIGURA 37. POTENCIA REACTIVA DE UN MONITOR CRT.....	81
FIGURA 38. POTENCIA APARENTE DE UN MONITOR DE CRT.....	81
FIGURA 39. FACTOR DE POTENCIA DE UN MONITOR CRT.....	82

FIGURA 40. MONITOR DE LCD .....	82
FIGURA 41. ONDA DE VOLTAJE DE UN MONITOR DE LCD .....	83
FIGURA 42. ESPECTRO ARMÓNICO DE VOLTAJE DE UN MONITOR LCD .....	83
FIGURA 43. ONDA DE CORRIENTE DE UN MONITOR DE LCD .....	84
FIGURA 44. ESPECTRO ARMÓNICO DE CORRIENTE DE UN MONITOR DE LCD .....	84
FIGURA 45. POTENCIA ACTIVA DE UN MONITOR DE LCD .....	85
FIGURA 46. POTENCIA REACTIVA DE UN MONITOR DE LCD.....	85
FIGURA 47. POTENCIA APARENTE DE UN MONITOR DE LCD .....	86
FIGURA 48. FACTOR DE POTENCIA DE UN MONITOR DE LCD.....	86
FIGURA 49. COMPUTADOR CON MONITOR CRT .....	87
FIGURA 50. ONDA DE VOLTAJE DEL COMPUTADOR CON MONITOR CRT .....	87
FIGURA 51. ESPECTRO ARMÓNICO DE VOLTAJE DE UN COMPUTADOR CON MONITOR CRT .....	87
FIGURA 52. ONDA DE CORRIENTE DEL COMPUTADOR CON MONITOR CRT.....	88
FIGURA 53. ARMÓNICOS DE CORRIENTE DE UN COMPUTADOR CON MONITOR CRT .....	88
FIGURA 54. POTENCIA ACTIVA DEL COMPUTADOR CON MONITOR CRT .....	89
FIGURA 55. POTENCIA REACTIVA DEL COMPUTADOR CON MONITOR CRT .....	89
FIGURA 56. POTENCIA APARENTE DEL COMPUTADOR CON MONITOR CRT .....	90
FIGURA 57. FACTOR DE POTENCIA DEL COMPUTADOR CON MONITOR CRT .....	90
FIGURA 58. COMPUTADOR CON MONITOR LCD .....	91
FIGURA 59. ONDA DE VOLTAJE DE UN COMPUTADOR CON MONITOR LCD .....	91
FIGURA 60. ESPECTRO ARMÓNICO DE VOLTAJE DE UN COMPUTADOR CON MONITOR LCD .....	91
FIGURA 61. ONDA DE CORRIENTE DE UN COMPUTADOR CON MONITOR DE LCD.....	92
FIGURA 62. ARMÓNICOS DE CORRIENTE EN COMPUTADOR CON MONITOR DE LCD .....	92
FIGURA 63. POTENCIA ACTIVA DEL COMPUTADOR CON MONITOR DE LCD .....	93
FIGURA 64. POTENCIA REACTIVA DEL COMPUTADOR CON MONITOR DE LCD.....	93
FIGURA 65. POTENCIA APARENTE DE UN COMPUTADOR CON MONITOR DE LCD .....	94
FIGURA 66. FACTOR DE POTENCIA DE UN COMPUTADOR CON MONITOR DE LCD .....	94
FIGURA 67. ONDA DE VOLTAJE DE UNA LÁMPARA T12.....	95
FIGURA 68. ESPECTRO ARMÓNICO DE VOLTAJE DE UNA LÁMPARA T12.....	95
FIGURA 69. ONDA DE CORRIENTE DE UNA LÁMPARA T12 .....	96
FIGURA 70. ARMÓNICOS DE CORRIENTE DE UNA LÁMPARA T12 .....	96
FIGURA 71. POTENCIA ACTIVA DE UNA LÁMPARA T12.....	97
FIGURA 72. POTENCIA REACTIVA DE UNA LÁMPARA T12 .....	97
FIGURA 73. POTENCIA APARENTE DE UNA LÁMPARA T12.....	97
FIGURA 74. FACTOR DE POTENCIA DE UNA LÁMPARA T12 .....	98
FIGURA 75. ONDA DE VOLTAJE DE UNA LÁMPARA T8.....	98
FIGURA 76. ONDA DE CORRIENTE DE UNA LÁMPARA T8 .....	99
FIGURA 77. CONSUMO DE POTENCIA ACTIVA DE UNA LÁMPARA T8.....	99
FIGURA 78. CONSUMO DE POTENCIA REACTIVA DE UNA LÁMPARA T8 .....	99
FIGURA 79. CONSUMO DE POTENCIA APARENTE DE UNA LÁMPARA T8.....	100
FIGURA 80. FACTOR DE POTENCIA DE UNA LÁMPARA T8.....	100
FIGURA 81. ONDA DE VOLTAJE DE LA IMPRESORA .....	101

FIGURA 82. ESPECTRO ARMÓNICO DE VOLTAJE DE UNA IMPRESORA.....	101
FIGURA 83. ONDA DE CORRIENTE DE LA IMPRESORA.....	102
FIGURA 84. ARMÓNICOS DE CORRIENTE DE UNA IMPRESORA .....	102
FIGURA 85. POTENCIA ACTIVA EN LA IMPRESORA.....	103
FIGURA 86. CONSUMO DE POTENCIA REACTIVA EN LA IMPRESORA.....	103
FIGURA 87. CONSUMO DE POTENCIA APARENTE EN LA IMPRESORA .....	104
FIGURA 88. FACTOR DE POTENCIA DE UNA IMPRESORA .....	104
FIGURA 89. CONSUMO DE ENERGÍA DE LOS EDIFICIOS DE MECÁNICA E INDUSTRIAL .....	105
FIGURA 90. CONSUMO DE ENERGÍA DEL EDIFICIO DE INDUSTRIAL .....	106
FIGURA 91. CONSUMO DE MECÁNICA E INDUSTRIAL CON RESPECTO AL CONSUMO DE LA UNIVERSIDAD .....	106
FIGURA 92. CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DE UNA MÁQUINA ELÉCTRICA.....	111

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1. VIDA PROMEDIO DE LAS LÁMPARAS. ....	24
TABLA 2. TIPOS DE LÁMPARAS DE ESTADO SOLIDO .....	39
TABLA 3. CONEXIÓN ENTRE EL TOPAS 1000 Y LAS FASES DE LA SUBESTACIÓN.....	65
TABLA 4. EQUIPOS DEL TALLER .....	76
TABLA 5. CANTIDAD DE EQUIPOS DE OFICINA EN EL EDIFICIO DE MECÁNICA .....	76
TABLA 6. ILUMINACIÓN EN EL EDIFICIO DE MECÁNICA.....	77
TABLA 7. CANTIDAD DE EQUIPOS DE OFICINA EN EL EDIFICIO DE INDUSTRIAL .....	77
TABLA 8. ILUMINACIÓN EN EL EDIFICIO DE INDUSTRIAL .....	77
TABLA 9. ARMÓNICOS DE VOLTAJE DE UN MONITOR CRT .....	79
TABLA 10. ARMÓNICOS DE CORRIENTE EN UN MONITOR DE CRT.....	80
TABLA 11. ARMÓNICOS DE VOLTAJE DE UN MONITOR DE LCD .....	83
TABLA 12. ARMÓNICOS DE CORRIENTE DE UN MONITOR DE LCD.....	84
TABLA 13. ARMÓNICOS DE VOLTAJE DE UN COMPUTADOR CON MONITOR CRT .....	88
TABLA 14. ARMÓNICOS DE CORRIENTE DE UN COMPUTADOR CON MONITOR CRT .....	88
TABLA 15. ARMÓNICOS DE VOLTAJE DE UN COMPUTADOR CON MONITOR LCD .....	92
TABLA 16. ARMÓNICOS DE CORRIENTE DE UN COMPUTADOR CON MONITOR LCD.....	92
TABLA 17. ARMÓNICOS DE VOLTAJE DE UNA LÁMPARA T12 .....	95
TABLA 18. ARMÓNICOS DE CORRIENTE DE UNA LÁMPARA T12.....	96
TABLA 19. ARMÓNICOS DE VOLTAJE DE UNA IMPRESORA .....	101
TABLA 20. ARMÓNICOS DE CORRIENTE DE UNA IMPRESORA.....	102
TABLA 21. COSTO DE LA ENERGÍA DE LOS EQUIPOS DE OFICINA .....	107
TABLA 22. CONSUMO DE ENERGÍA DE LOS EQUIPOS DE OFICINA EN EL EDIFICIO DE MECÁNICA.....	108
TABLA 23. CONSUMO DE ENERGÍA DE LOS EQUIPOS DE OFICINA EN EL EDIFICIO DE INDUSTRIAL .....	108
TABLA 24. CONSUMO CADA TIPO DE LÁMPARA .....	109
TABLA 25. CONSUMO DE ENERGÍA EN ILUMINACIÓN EN EL EDIFICIO DE MECÁNICA.....	110
TABLA 26. CONSUMO DE ENERGÍA EN ILUMINACIÓN EN EL EDIFICIO DE INDUSTRIAL .....	110
TABLA 27. EFICIENCIA DE LAS MÁQUINAS ELÉCTRICAS DEL EDIFICIO DE MECÁNICA.....	111
TABLA 28. FACTORES DE LAS LUMINARIAS.....	127
TABLA 29. FORMATO .....	130
TABLA 30. CÓDIGOS .....	130
TABLA 31. TRIMESTRES.....	131

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. NORMATIVIDAD COLOMBIANA SOBRE EL USO RACIONAL DE ENERGÍA .....	118
ANEXO 2. DECRETO 2331 DE 2007 (JUNIO 22) .....	122
ANEXO 3. DECRETO 895 DE 2008 (MARZO 28) .....	124
ANEXO 4. RESOLUCIÓN 18 0606 DE 2008 (ABRIL 28) .....	126

## GLOSARIO

**Auditoria Energética:** Es un análisis progresivo que refleja cómo y dónde se usa la energía en instalaciones de una fábrica, una institución, comercio, hoteles, residencias, etc., con el único objetivo de utilizarla racional y eficientemente.

**Carga:** La potencia eléctrica requerida para el funcionamiento de uno o varios equipos eléctricos o la potencia que transporta un circuito.

**CNE:** Comisión Nacional de Energía.

**Combustibles Fósiles:** Son los combustibles basados en carbono, como petróleo, carbón y gas natural.

**Contaminación:** Liberación artificial de sustancias o energía hacia el entorno y que puede causar efectos adversos en el ser humano, otros organismos vivos, equipos o el medio ambiente.

**CREG:** Comisión de Regulación de energía y gas.

**EE:** Eficiencia Energética.

**Eficiencia Energética:** Se refiere a la implementación de cambios, mejoras, modificaciones, etc. en los procesos, actividades u operaciones, que lleven consigo la intención de propiciar un ahorro energético o una mayor eficiencia.

**Emisiones:** Es la liberación de gases de efecto invernadero o sus precursores en la atmósfera en un área y un período de tiempo especificados

**ENE:** Estudio nacional de energía.

**EEPPM:** Empresas Publicas de Medellín

**ESP:** Empresa de servicios Públicos.

**Gases de Efecto Invernadero:** Aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropógenos (generados por el hombre) que absorben y remiten radiación infrarroja proveniente del sol

**Impacto Ambiental:** Acción o actividad que produce una alteración, favorable o desfavorable, en el medio ambiente o en alguno de los componentes del mismo.

**Kyoto**: Tratado que se realizó para minimizar la emisión de gases a la atmósfera.

**Mantenimiento**: Conjunto de acciones o procedimientos tendientes a preservar o restablecer un bien, a un estado tal que le permita garantizar la máxima confiabilidad.

**Máquina**: Conjunto de mecanismos accionados por una forma de energía, para transformarla en otra más apropiada a un efecto dado.

**MME**: Ministerio de Minas y Energía.

**PEN**: Plan Energético Nacional.

**Pérdidas**: Es la disminución de potencia en la carga por la pérdida de voltaje en la línea.

**SGE**: Sistema de de Gestión Energética

**SSPD**: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.

**UPME**: Unidad de Planeación Minero Energética.

**URE**: Uso Racional de la Energía

## **RESUMEN**

“El uso racional y eficiente de la energía es indispensable para un mejor uso de los recursos del país, su aplicación y resultados dependen de todos nosotros.” [11]

En el presente documento se muestra la realización de un estudio de la eficiencia energética en los edificios de Industrial y Mecánica de la Universidad Tecnológica de Pereira, se analizaron los elementos que más incidencia tienen en el consumo de energía como lo son los equipos de oficina, la iluminación y los motores eléctricos, para este análisis se utilizaron algunos analizadores de redes y de calidad de energía como el Topas 1000 y el FLUKE 43B.

A partir de los resultados obtenidos, se plantean una serie de propuestas que permiten mejorar la eficiencia energética en dichos edificios.



## **INTRODUCCIÓN**

La energía es instrumento esencial para la satisfacción de las necesidades básicas del ser humano y es un medio de producción irrenunciable para toda actividad productiva y empresarial. En sus diferentes formas, la energía tiene la posibilidad de ser almacenada, transportada, transformada y utilizada.

La creciente evolución en tema de la relación medio ambiente y energía, así como los grandes retos y oportunidades en el contexto ambiental de proyectos y actividades relacionadas con el sector energético, hacen que las empresas deban contar con profesionales especializados para adelantar la gestión energética y ambiental respectiva según el caso.

Para las organizaciones en general es una necesidad llevar a cabo una gestión y administración energética. El desarrollo de conceptos como el de ahorro energético debe conducir al mejoramiento de la productividad y de la competitividad empresarial. La empresa necesita disponer de información y medios de ayuda, para obtener una vista general sobre la situación energética de su empresa, conocer los puntos débiles y poder juzgar las medidas para una verdadera gestión del recurso energético.

Por parte de la Universidad Tecnológica de Pereira, no existen políticas de uso racional y eficiente de la energía eléctrica y por lo tanto, los resultados obtenidos de la ejecución de este proyecto permitirían estar en sintonía con las actuales políticas mundiales; además dado que el consumo de energía eléctrica es de aproximadamente 186 000 kWh/mes (\$ 40 millones), se podrían trazar políticas de ahorro de energía. Por otro lado también se beneficia en parte a la región, ya que con un desarrollo de un estudio de uso racional y eficiente de la energía eléctrica es posible ahorrar dinero, actualizar tecnologías, brindar confort a las personas y disminuir los impactos en el medio ambiente.

Con el desarrollo de este proyecto se verificará el nivel de eficiencia de los edificios de Mecánica e Industrial realizando una auditoria energética y se presentaran propuestas para aumentar el ahorro energético.

Los objetivos para el desarrollo de este trabajo son:

### **OBJETIVO GENERAL**

Analizar la eficiencia energética en los edificios de Mecánica y de Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar una auditoría energética en los edificios de Mecánica e Industrial.
- Identificar medidas para el ahorro de energía.
- Proponer metodologías para manejar de forma más eficiente y racional la energía eléctrica en los edificios de Mecánica e Industrial.

## **1. USO RACIONAL DE ENERGÍA**

“El uso eficiente de la energía es una preocupación creciente en nuestros días, ya sea por la necesidad de competir con costos más bajos o por la urgencia de disminuir la cantidad de emisiones al medio ambiente. Los retos de ahorro y de mejor uso de la energía son fuertes y un compromiso de todos.” [11]

### **1.1. ¿QUÉ ES EL USO RACIONAL DE LA ENERGÍA?**

El Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE), entendido como el aprovechamiento óptimo de la energía en todos los eslabones de las diferentes cadenas energéticas, es una estrategia transversal a todos los objetivos del Plan Energético Nacional (PEN).

La práctica de URE debe realizarse partiendo de la selección de la fuente energética, optimizando su producción, transformación, transporte, distribución y consumo e incluyendo su reutilización cuando sea posible. De esta manera se constituye en una medida efectiva para propiciar el crecimiento económico, el desarrollo social y por tanto el bienestar nacional, contribuyendo a la sostenibilidad del desarrollo colombiano.

Por esta razón, el Congreso Nacional mediante la expedición de la Ley 697 de 2001 declaró al Uso Racional y Eficiente de la Energía como asunto de interés social, público y de conveniencia nacional. Con la promulgación de esta Ley se sentaron las bases jurídicas necesarias para que el Estado pueda organizar, fomentar e impulsar el criterio URE y promover la utilización de las energías alternativas de manera efectiva en Colombia.

Consumir los recursos energéticos en forma más eficiente, aumenta la disponibilidad de fuentes hacia la exportación, de manera que se facilita el objetivo de garantizar el aporte del sector energético a la balanza comercial y a los ingresos de la nación. Así por ejemplo, programas de URE en el sector transporte, como la inclusión de mezclas carburantes de biocombustibles, la promoción de sistemas de transporte público eficientes en grandes ciudades, agilización de corredores de transporte de carga intermunicipales (incluyendo construcción de túneles), gas nacional vehicular (GNV), etc., puedan reducir la demanda de gasolina y ACPM, aliviando o retrasando las necesidades de importación de crudo o de dichos derivados.

Al reducir la factura energética mediante programas de URE tanto para los sectores productivos como para la población en general, se incrementa la competitividad de toda la economía colombiana. Al mismo tiempo, la utilización racional de las fuentes energéticas partiendo desde la escogencia de las fuentes

primarias, junto con una economía más competitiva, soportan la consolidación de los esquemas competitivos de los mercados energéticos en Colombia y a la vez reduce o retrasa las necesidades de ampliación de la infraestructura energética en Colombia. Para que la cultura URE quede definitivamente instaurada en el país, se requiere que el mercado de servicios energéticos comience a funcionar, incluyendo tanto los actores de oferta (empresas de consultoría, Universidades, etc.) como de la demanda (sectores productivos, sector financiero), creándose así un nuevo segmento de mercado energético en Colombia.

El Plan de Masificación del Gas Natural es el proyecto URE de mayor envergadura llevado a cabo en Colombia y ha demostrado ser factor decisivo en la diversificación de la canasta energética ampliando y tendiendo a garantizar la oferta interna de energéticos con precios competitivos.

La racionalidad del empleo de las fuentes disponibles local y/o regionalmente, así como la promoción para la utilización de fuentes no convencionales junto con programas de desarrollo que no sólo involucran el sector energético, favorece de manera clara el desarrollo local y regional.

Los proyectos URE que tienen que ver con el uso final de la energía y con la eficiencia energética implican una alta componente de transferencia tecnológica, renovación y modernización del parque de equipos de conversión a energía útil en todos los sectores, fortaleciéndose así el objetivo final del PEN: Investigación y Desarrollo. [16]

## **1.2. ¿CÓMO HACER USO RACIONAL DE LA ENERGÍA?**

Casi toda la energía que se utiliza cotidianamente para el desarrollo de la forma de vida de cada persona, ya sea personal o profesional, proviene de recursos energéticos. En los hogares, en los sitios de trabajo, las calles y la industria disponen diariamente de recursos energéticos para desarrollar sus actividades, para recrearse, etc.

Desde la radio o la televisión al levantarse, pasando por la cocina para el desayuno, el almuerzo y la cena, el ventilador o el aire acondicionado en verano, la estufa en invierno, el calentador de agua, la nevera, las computadoras, las máquinas de operación fabril, el combustible de los automóviles, el alumbrado público, el alumbrado en general. Todas estas actividades, a las cuales se ha habituado el ser humano, funcionan gracias a servicios públicos esenciales en los que no se reparan porque hasta el momento no representaban un problema.

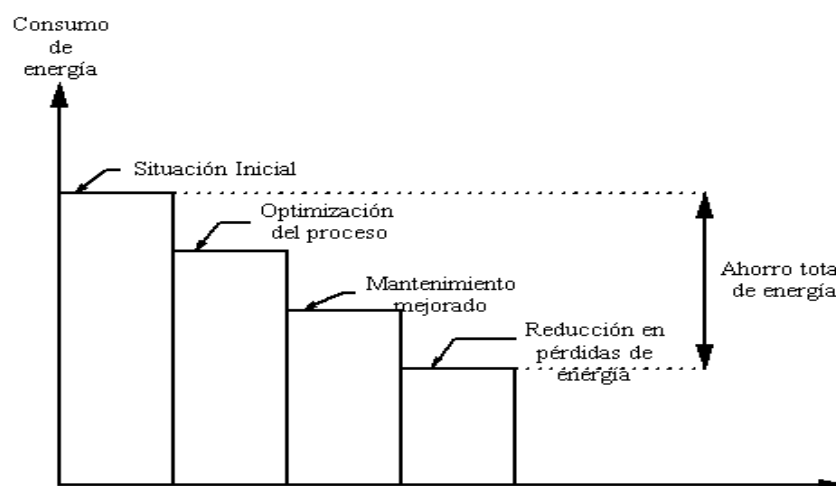
Esta falta de atención, lleva a veces a desperdiciar recursos y sin que se note, se dilapida energía dejando encendidas lámparas en aulas vacías, o funcionando la radio o la televisión cuando no se le necesita, dejando encendidas las máquinas

cuando no se está haciendo uso de estas, usando las computadoras cuando se realiza otra actividad, o dejando estas encendidas descuidadamente.

Todas estas costumbres pueden ser modificadas. Así como se adquirieron, por una cuestión de hábitos, también pueden modificarse. No se está hablando de no utilizar las lámparas sino de utilizarlas cuando sea necesario iluminar. El uso racional no cuestiona que se use una computadora, o que se trabaje en un laboratorio, sino que se le aconseja apagar los elementos por completo cuando ya no se necesiten más.

En pocas palabras, se trata de un proceso de optimización en el consumo de energía eléctrica. En el cual se indica que no solo el mal uso de energía es el único ítem a modificar cuando de ahorro se trata, sino que existen otros factores, los cuales se observan en la Figura 1 como lo son: el mal mantenimiento, la mala administración de la energía, etc.

**Figura 1. Administración de energía vs. Consumo**



Fuente: Proyecto para ahorro de energía (Perú) [17]

### **1.3. COLOMBIA Y SUS PRIMEROS PROYECTOS SOBRE EL USO RACIONAL DE LA ENERGÍA.**

Las primeras acciones concretas y de importancia que se dieron en Colombia en materia de Uso Racional de Energía (URE), ocurrieron a principios de la década de los años 80, cuando el Ministerio de Minas y Energía acudió a diferentes países europeos para solicitar asistencia técnica y ayuda internacional en este campo, no tan conocido en Colombia. Como fruto de estos contactos se adelantó

en 1982 el Estudio Nacional de Energía (ENE), con la colaboración del gobierno de Alemania Federal.

Posteriormente, en 1983, como resultado de un convenio de cooperación entre Francia y Colombia, se elaboró el estudio denominado “Bases para un Plan de Conservación de Energía en el Sector Industrial”. Así mismo y de manera simultánea, se celebró un convenio con Alemania Federal para ejecutar, a través del Ministerio de Minas y Energía, un Programa de Uso Racional de Energía para el Sector Industrial, el cual se desarrolló durante el período 1984 – 1987. Este se concentró en capacitar el recurso humano, estabilizar el consumo de combustible líquido, apoyar la regulación de precios y crear un centro de uso racional de energía [15].

En la década de los 90, el Banco Mundial apoyó a la Comisión Nacional de Energía – CNE para ejecutar durante los años 91 y 92 el estudio “Eficiencia Energética de los Sectores Residencial, Comercial y Oficial”, documento que junto con el impacto social y económico generado por el apagón de 1992, en buena parte determinaron y dieron soporte a los lineamientos de URE en el Plan Energético Nacional - PEN (1994), como resultado de los esfuerzos de la CNE.

De igual manera, durante el período 1970 – 2000, dado que el tema de URE había tomado gran importancia en Europa, en Colombia además de los estudios que se ejecutaban con el apoyo internacional, se publicaron documentos y boletines entre los que se considera importante destacar el "Manual de Ahorro de Energía Eléctrica en la Industria", publicado por la ANDI e ISA en el año 1980; el "Boletín sobre Eficiencia Energética en la Industria Papelera"; “Análisis de Inversión en Proyectos de Ahorro Energético” y el “Manual de Ahorro de Energía Eléctrica en el Sector Industrial”, publicados en el año 1992. Por último, se considera importante destacar la propuesta de Plan Estratégico de Uso Racional y Eficiente de la Energía en Colombia, elaborado por la UPME en el año 2000.[16]

#### **1.4. PROTOCOLO DE KYOTO**

El Protocolo de Kyoto se inscribe dentro del Convenio Marco de la ONU sobre Cambio Climático. Pide que los países industrializados —excepto los EE.UU., que no participan— reduzcan sus emisiones de gases que contribuyen al calentamiento del globo en aproximadamente un 5% por debajo de los niveles de 1990 para el período 2008-2012.

Los países adoptaron diferentes porcentajes objetivo dentro de este compromiso general. El Protocolo de Kyoto permite que los participantes reduzcan las emisiones en sus países de origen y/o beneficiarse de los llamados mecanismos flexibles (Comercio de Emisiones, el Desarrollo Limpio y la Aplicación Conjunta),

así como contabilizar el carbono absorbido por los llamados sumideros como los bosques o las tierras de cultivo. Se impondrán sanciones a aquellos países que no cumplan sus objetivos.

Los países necesitarán haber hecho progresos demostrables para alcanzar sus objetivos para el año 2005. En vista del tiempo necesario para incorporar la legislación al respecto, es vital que los gobiernos se muevan tan rápido como les sea posible para que el tratado entre en vigor.

El Protocolo de Kyoto no contiene ningún compromiso nuevo para los países en desarrollo más allá de los alcanzados en la convención de la ONU sobre el clima, celebrada en 1992, ya que se acordó que los países industrializados, como emisores principales de los gases que causan el calentamiento del globo, deberían ser los primeros en adoptar medidas para controlar las emisiones. [4]

### **1.5. PROYECTOS DE MECANISMOS DE DESARROLLO LIMPIO (MDL)**

El Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) permite reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de manera eficiente en cuanto al costo. Su contribución activa al desarrollo sustentable recibe créditos por emisión que pueden ser utilizados para cumplir con sus compromisos o ser negociados en el mercado de gases de efecto invernadero.

El esquema de MDL ha sido creado por el Protocolo de Kyoto y es un incentivo para que las empresas de los países industrializados inviertan en proyectos de reducción de emisiones adecuados en países en vías de desarrollo. El Protocolo de Kyoto exige que todos los proyectos de MDL estén sujetos a la validación y verificación/certificación por parte de una entidad operativa, es decir, un organismo de verificación ajeno a la empresa. [17]

## **2. EDUCACIÓN PARA EL USO RACIONAL DE LA ENERGÍA**

Son muchas las barreras enfrentadas por el uso racional y eficiente de la energía, algunas se encuentran asociadas con el contexto macroeconómico del país, otras de estas con la poca tecnología que se posee, también está la falta de inversiones en los proyectos de uso racional y eficiente de la energía. Pero la gran mayoría están relacionadas con la poca información que posee la comunidad acerca de esta problemática.

Considerando y resumiendo algunas de ellas se tienen:

- Falta de tecnología.
- El funcionamiento de los mercados.
- La actividad de la industria energética.
- La resistencia al cambio.
- El desconocimiento de la situación actual.
- La falta de financiamiento para inversiones en nuevos proyectos de URE.
- Inexistencia de formas no convencionales de producción de energía.
- Falta de compromiso de la comunidad.

Para comenzar se necesitan hacer programas para que la comunidad se informe un poco, para esto se podrá utilizar la promoción y divulgación de fascículos informativos sobre actos y hábitos de consumo, la introducción de luminarias eficientes, las formas no convencionales de energía.

Otro recurso puede corresponder a los convenios voluntarios con grandes empresas, los cuales constituyen compromisos por parte de los empresarios para mejorar la eficiencia energética.

### **2.1. CONSUMO ENERGÉTICO**

El desarrollo económico y social de los pueblos está unido al consumo de energía, el uso de esta ha permitido mejorar y modernizar el estilo de vida y sociedad misma.

A pesar de ello, el consumo y abastecimiento de energía, en la totalidad de los casos comprometen el avance de las generaciones futuras, ya que conllevan el agotamiento de los combustibles fósiles y generan problemas medioambientales de impacto mundial.

Desde los años 80 a esta parte, se pusieron en marcha disposiciones para el impulso tecnológico y la diversificación constante. Por otra parte, en el transporte y



los edificios, incluyendo los hogares, el uso eficiente de la energía no se ha promovido tanto como debería.

El consumo de energía ha experimentado grandes cambios, que reflejan las modificaciones ocurridas en variables determinantes para la vida del país: La economía, la demografía, la situación de abastecimiento y precio de los energéticos.

Además en los últimos años se han presentado cambios considerables en la demanda de energía, todo esto debido en gran parte al gas natural que ha sustituido a la energía eléctrica en gran parte de los sectores residencial y comercial, y esto a su vez reduce la utilización de derivados del petróleo y el carbón en los sectores de la industria y la generación eléctrica.

A lo largo del tiempo se observa como existe una alta dependencia del petróleo y sus derivados, para atender los requerimientos energéticos. Todo esto hace pensar que los sectores dependientes del crudo y sus derivados a mediano plazo tendrán que adquirirlos en el mercado internacional. Es preciso entonces, establecer medidas que atenúen, hasta donde sea posible, dichos efectos y emprender un programa de sustitución de energéticos para aliviar los impactos generados al no ser autosuficientes.

## **2.2. SISTEMAS DE ILUMINACIÓN Y EL CONSUMO DE ELECTRICIDAD.**

Los edificios constituyen en su conjunto un gran usuario de energía eléctrica y presentan grandes oportunidades para el ahorro de energía en sistemas de fuerza e iluminación. Los sistemas de iluminación en los edificios no residenciales constituyen una parte importante del total de consumo, tanto en la demanda como en el costo total de dicha energía.

Los costos de operación de un edificio construido bajo ciertos criterios de eficiencia energética son sustancialmente menores a lo largo de la vida útil comparados con un edificio ineficiente.

El diseño de los sistemas de alumbrado está basado en la forma en que se usará un espacio. Asimismo, puede estar basado en las tareas que se ejecutarán en el área, tales como lectura, escritura u operación de una máquina. Estos sistemas pueden ser uniformes o no uniformes según la tarea que se realice. Existen tres formas básicas de alumbrado que son:

**Alumbrado general o ambiental.** Es luz de fondo o luz completa en el espacio y suministra un nivel dado de iluminación en toda el área.

**Alumbrado de tarea o suplementario.** Es la iluminación desde fuentes de luz cercanas que permiten la ejecución de tareas visuales específicas y es luz localizada sobre el plano de trabajo (mesas de dibujo, escritorios, etc.).

**Alumbrado de acentuación o general localizado.** Es luz direccional proyectada para enfatizar un objeto en particular o para atraer la atención a una parte del campo de la visión (vitrinas, aparadores, etc.).

La cantidad de iluminación o nivel de alumbrado, es formalmente llamada iluminancia y es medida en luxes (lx) siendo el lux un lumen por metro cuadrado ( $\text{lm/m}^2$ ). Las necesidades de iluminancia dependen de las tareas involucradas.

### 2.3. TIPOS DE LÁMPARAS.

Una lámpara es un convertidor de energía. Aunque pueda realizar funciones secundarias, su principal propósito es la transformación de energía eléctrica en radiación electromagnética visible. Hay muchas maneras de crear luz, pero el método normalmente utilizado en la iluminación general es la conversión de energía eléctrica en luz. Las lámparas eléctricas son la fuente principal de luz artificial de uso común.

La duración de la mayoría de las lámparas viene determinada básicamente por la temperatura de trabajo del filamento. Mientras más alta sea esta, mayor será el flujo luminoso pero también la velocidad de evaporación del material que forma el filamento. Las partículas evaporadas, cuando entren en contacto con las paredes se depositarán sobre estas, ennegreciendo la ampolla. De esta manera se verá reducido el flujo luminoso por ensuciamiento de la ampolla. Pero, además, el filamento se habrá vuelto más delgado por la evaporación del tungsteno que lo forma y se reducirá, en consecuencia, la corriente eléctrica que pasa por él, la temperatura de trabajo y el flujo luminoso. Esto seguirá ocurriendo hasta que finalmente se rompa el filamento. A este proceso se le conoce como depreciación luminosa.

Esto ocurre igualmente en las lámparas de descargas con tubo, en el cual los extremos próximos a los electrodos se empiezan a ennegrecerse por el mismo fenómeno llamado depreciación luminosa. Por otra parte, se va produciendo un cambio gradual de la composición del gas de relleno debido a las fugas a través del tubo. [5]

En la tabla 1 se observan algunos tipos de lámparas su vida promedio

**Tabla 1. Vida promedio de las lámparas.**

Tipo de lámpara	Vida promedio (h)
Incandescentes	1000
Halógenas	2000 (Especiales 4000)
Fluorescentes	12500
Mezcladoras	9000
Mercurio a alta presión	25000
Haluros metálicos	11000
Sodio a baja presión	23000
Sodio a alta presión	23000

Los tipos de lámparas más usados para la iluminación son:

- Lámparas incandescentes
  - Lámparas incandescentes
  - Lámparas halógenas
- Lámparas de descarga
  - Lámparas fluorescentes
  - Lámparas de vapor de mercurio baja presión
  - Lámparas de vapor de mercurio alta presión
  - Lámparas de halogenuros metálicos
  - Lámparas de vapor de sodio a baja presión
  - Lámparas de vapor de sodio a alta presión
- Lámparas de luz de mezcla

### **2.3.1. Lámparas incandescentes.**

Como se ha comentado anteriormente, la lámpara incandescente es la fuente de luz eléctrica más antigua y aún la de uso más común.

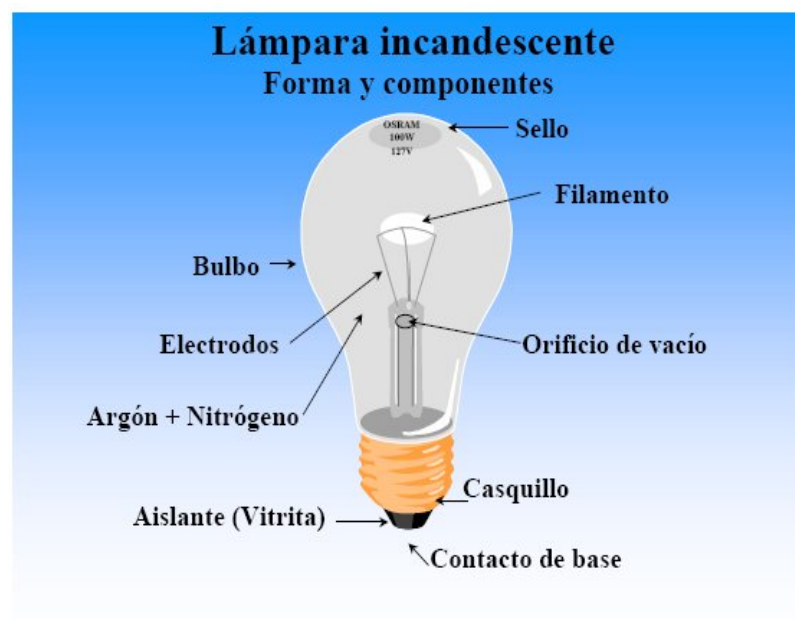
La incandescencia es un sistema en el que la luz se genera como consecuencia del paso de una corriente eléctrica a través de un filamento conductor.

Muchos han sido los materiales utilizados para la construcción de filamentos, pero en la actualidad el material de uso exclusivo es el tungsteno o wolframio, cuya

temperatura de fusión es del orden de  $3\,400^{\circ}\text{C}$ . Con este tipo de filamentos se puede llegar a temperaturas normales de trabajo del orden de  $2\,500$  a  $2\,900^{\circ}\text{C}$ , lo cual permite fabricar lámparas de incandescencia de una vida relativamente grande, con rendimientos también relativamente grandes, sobre todo si se comparan con los obtenidos tan sólo hace unas cuantas décadas atrás.

En la Figura 2 se muestra como está constituida una lámpara incandescente.

**Figura 2. Componentes de una lámpara incandescente.**



El filamento se protege mediante una ampolla de vidrio a la que se le ha hecho el vacío o se ha rellenado de un gas inerte.

En general son las bombillas más sencillas y más baratas pero también las de mayor consumo eléctrico y de menor duración. Lo habitual de este tipo de lámparas es que de la electricidad que consumen, el 5% se transforma en electricidad mientras que el resto lo hace en calor. Los rendimientos de este tipo de lámparas son bajos debido a que la mayor parte de la energía consumida se convierte en calor. Esto se puede apreciar mejor en la Figura 3. [5]

**Figura 3. Rendimiento de una lámpara incandescente.**



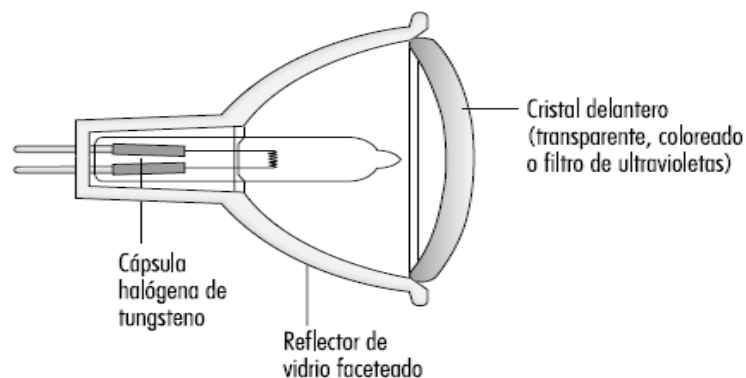
### **2.3.2. Lámparas halógenas.**

En las lámparas incandescentes normales, con el paso del tiempo, se produce una disminución significativa del flujo luminoso. Esto se debe, en parte, al ennegrecimiento de la ampolla por culpa de la evaporación de partículas de wolframio del filamento y su posterior condensación sobre la ampolla.

Agregando una pequeña cantidad de un compuesto gaseoso con halógenos (cloro, bromo o yodo), el cual consigue establecer un ciclo de regeneración del halógeno que evita el ennegrecimiento. Cuando el tungsteno se evapora se une al bromo formando el bromuro de wolframio. Como las paredes de la ampolla están muy calientes (más de  $260^{\circ}\text{C}$ ) no se deposita sobre estas y permanece en estado gaseoso. Cuando el bromuro de wolframio entra en contacto con el filamento, que está muy caliente, se descompone en tungsteno que se deposita sobre el filamento y bromo pasa al gas de relleno. Y así, el ciclo vuelve a empezar. [5]

En la Figura 4, se observa la composición de una lámpara halógena.

**Figura 4. Lámpara halógena.**



### 2.3.3. Lámparas de descarga.

Las lámparas de descarga constituyen una forma alternativa de producir luz de una manera más eficiente y económica que las lámparas incandescentes. Por eso, su uso está tan extendido hoy en día. La luz emitida se consigue por excitación de un gas sometido a descargas eléctricas entre dos electrodos. Según el gas contenido en la lámpara y la presión a la que esté sometido se obtendrán diferentes tipos de lámparas, cada una de ellas con sus propias características luminosas.

En las lámparas de descarga, la luz se consigue estableciendo una corriente eléctrica entre dos electrodos situados en un tubo lleno con un gas o vapor ionizado, en el interior del tubo, se producen descargas eléctricas como consecuencia de la diferencia de potencial entre los electrodos. Estas descargas provocan un flujo de electrones que atraviesa el gas. [5]

En la Figura 5 se observa la conexión de una lámpara de descarga, en la cual se observa un balasto cuya función es la de generar el arco eléctrico que requiere el tubo durante el proceso de encendido y mantenerlo posteriormente, limitando la intensidad de corriente que fluye por el circuito del tubo. Existen en la actualidad dos tipos de balastos los electromagnéticos y los electrónicos.

**Balasto electromagnético:** Fue el primer tipo de inductancia que se utilizó en las lámparas fluorescentes. Consta de un transformador de corriente o reactancia inductiva, compuesto por un enrollado único de alambre de cobre.

Los balastos de este tipo constan de las siguientes partes:

- **Núcleo:** Parte fundamental del balasto. Lo compone un conjunto de chapas metálicas que forman el cuerpo, donde va colocado el enrollado de alambre de cobre.
- **Carcasa:** Envoltura metálica protectora del balasto. Del enrollado de los balastos magnéticos comunes salen dos o tres cables (en dependencia de la potencia de la lámpara), que se conectan al circuito externo.
- **Sellador:** Es un compuesto de poliéster que se deposita entre la carcasa y el núcleo del balasto. Su función es actuar como aislante entre el enrollado, las chapas metálicas del núcleo y la carcasa.
- **Condensador o filtro:** Se utiliza para mejorar el factor de potencia de la lámpara, facilitando que pueda funcionar más eficientemente.

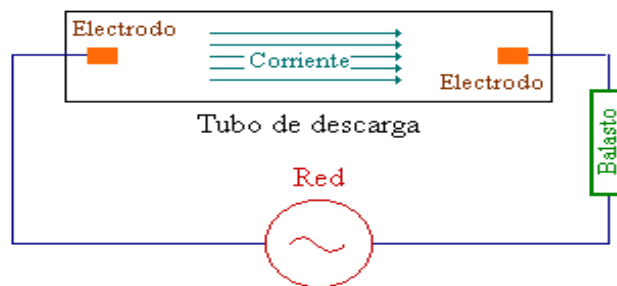
**Balastos Electrónicos:** Hasta hace pocos años, los balastos habituales eran las conocidas reactancias formadas por una bobina de tipo inductivo que satisfacían los requisitos de funcionamiento, aunque de forma poco eficiente desde el punto de vista energético. Las investigaciones realizadas en este campo permitieron averiguar que al incrementar la frecuencia de operación del tubo, aumentaba su

eficacia luminosa (más cantidad de luz aportada por cada unidad de potencia eléctrica). Y así, para hacer funcionar el tubo a alta frecuencia, nacieron los balastos electrónicos.

Son una alternativa rentable para la iluminación comercial. Sustituyen a las reactancias de los tubos fluorescentes y ahorran energía.

La frecuencia a la que operan los balastos electrónicos está muy por encima de la gama audible, cuyo límite superior está aproximadamente en los 20 kHz., lo cual garantiza un funcionamiento silencioso. Según fabricantes y modelos de balastos, la frecuencia se sitúa entre 25 kHz y 40 kHz.

**Figura 5. Lámpara de descarga.**



Existen varios tipos de lámparas de descarga, de las cuales se nombrarán algunos de los tipos más utilizados.

### **2.3.3.1. Lámparas fluorescentes.**

La lámpara fluorescente es una lámpara de descarga en vapor de mercurio de baja presión, en la cual la luz se produce predominantemente mediante polvos fluorescentes activados por la energía ultravioleta de la descarga.

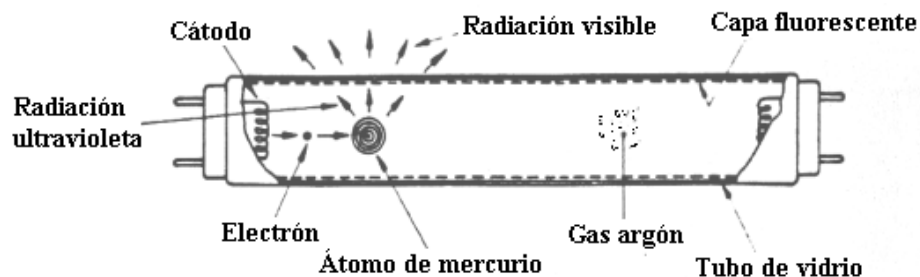
La lámpara, generalmente con ampolla de forma tubular larga con un electrodo sellado en cada terminal, como se observa en la Figura 6, contiene vapor de mercurio a baja presión con una pequeña cantidad de gas inerte para el arranque y la regulación del arco. Existen también lámparas fluorescentes más pequeñas como la que se observa en la Figura 7, las cuales son usadas en recintos más pequeños como baños, habitaciones, etc.

Las lámparas de mercurio de baja presión que están disponibles son las de "cátodo caliente" y "cátodo frío". La primera es el tubo fluorescente convencional para fábricas y oficinas; "cátodo caliente" se refiere al cebado de la lámpara por precalentamiento de los electrodos para que la ionización del gas y del vapor de

mercurio sea suficiente para realizar la descarga. Las de cátodo frío se utilizan principalmente en letreros y anuncios publicitarios.

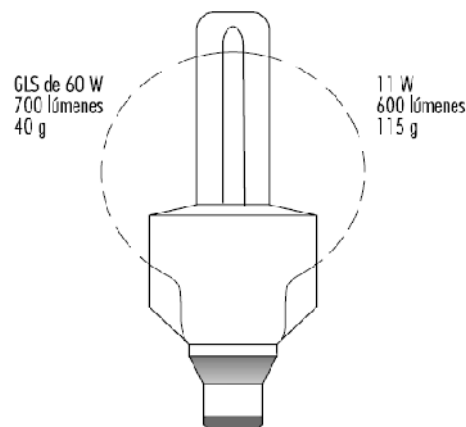
Las lámparas fluorescentes necesitan equipo de control externo para efectuar el cebado y para regular la corriente de la lámpara. Además de la pequeña cantidad de vapor de mercurio, hay un gas de cebado (argón o criptón). La baja presión del mercurio genera una descarga de luz de color azul pálido. [7]

**Figura 6. Las lámparas fluorescentes tubulares.**



Estas lámparas son utilizadas en espacios grandes como salones, oficinas, pasillos, etc.

**Figura 7. Las lámparas fluorescentes de tamaño reducido.**



Estas lámparas a diferencia de las tubulares tienen un uso más residencial, debido a su tamaño y a su fácil instalación y sustitución.

En general las lámparas fluorescentes proporcionan una iluminación eficiente ya que algunas utilizan un casquillo convencional, lo cual permite usarlas para reemplazar fácilmente las bombillas convencionales. Duran ocho veces más y

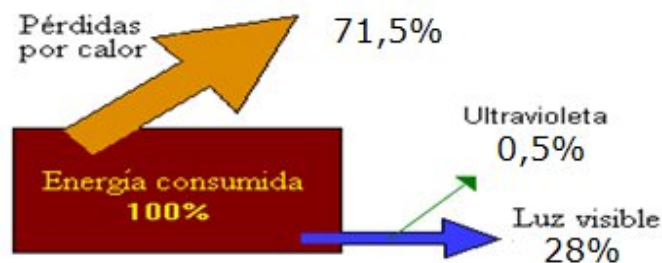


proporcionan la misma luz, consumiendo apenas un 20% de la electricidad que necesitan las incandescentes. [5]

La eficacia de estas lámparas depende de muchos factores como:

- Potencia de la lámpara,
- Tipo y presión del gas de relleno,
- Propiedades de la sustancia fluorescente que recubre el tubo,
- Temperatura ambiente.

**Figura 8. Rendimiento de la lámpara fluorescente.**



#### **2.3.3.2. Lámparas de vapor de mercurio a alta presión**

En estas lámparas la descarga se produce en un tubo de descarga de cuarzo que contiene una pequeña cantidad de mercurio y un relleno de gas inerte, generalmente argón, para ayudar al encendido. Cuando se examina el funcionamiento de la lámpara de mercurio de alta presión, se deben considerar tres fases bien diferenciadas: ignición, encendido y estabilización.

- Ignición

La ignición se logra por medio de un electrodo auxiliar o de arranque, ubicado muy cerca del electrodo principal y conectado al otro a través de una resistencia de alto valor (25 kΩ).

- Encendido

Habiendo sido ejecutada la ionización del gas inerte, la lámpara aún no quema en la forma deseada y no ofrece su máxima producción de luz, hasta que el mercurio presente en el tubo de descarga esté completamente vaporizado.

- Estabilización

La lámpara de mercurio de alta presión, como la gran mayoría de las lámparas de descarga, posee una característica de resistencia negativa y, por lo tanto, no puede operar por su cuenta en un circuito sin un balasto adecuado para estabilizar el flujo de la corriente a través de ella. [7]

Los modelos más habituales de estas lámparas tienen una tensión de encendido entre 150 y 180 V que permite conectarlas a la red de 220 V sin necesidad de elementos auxiliares. Para encenderlas se recurre a un electrodo auxiliar próximo a uno de los electrodos principales que ioniza el gas inerte contenido en el tubo y facilita el inicio de la descarga entre los electrodos principales. A continuación se inicia un periodo transitorio de unos cuatro minutos, caracterizado porque la luz pasa de un tono violeta a blanco azulado, en el que se produce la vaporización del mercurio y un incremento progresivo de la presión del vapor y el flujo luminoso hasta alcanzar los valores normales. Si en estos momentos se apagara la lámpara no sería posible su reencendido hasta que se enfriara, puesto que la alta presión del mercurio haría necesaria una tensión de ruptura muy alta

La vida útil, teniendo en cuenta la depreciación se establece en unas 8000 horas. La eficacia oscila entre 40 y 60 lm/W y aumenta con la potencia, aunque para una misma potencia es posible incrementar la eficacia añadiendo un recubrimiento de polvos fosforescentes que conviertan la luz ultravioleta en visible. [5]

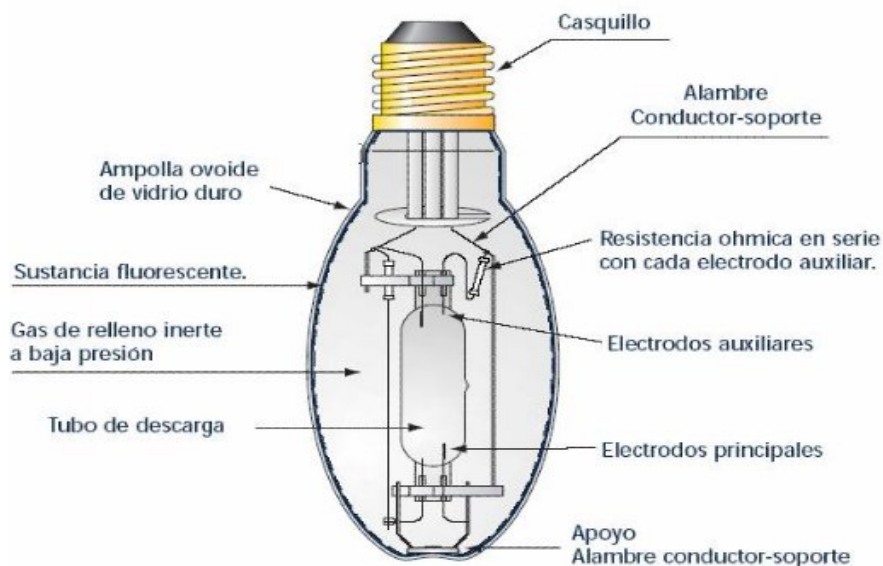
Estas lámparas emplean mejor la energía consumida, esto se puede apreciar en la Figura 9, las cuales mejoran a las lámparas fluorescentes tubulares y a las de tamaño reducido.

**Figura 9. Rendimiento de la lámpara de mercurio de alta presión.**



Para conocer mejor estas lámparas se puede apreciar su composición en la siguiente figura.

**Figura 10. Componentes de una lámpara de vapor de mercurio.**



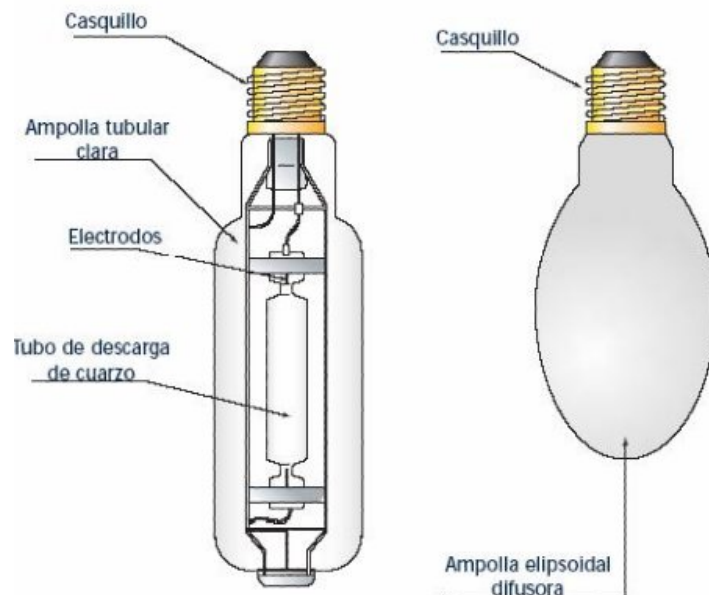
#### **2.3.3.3. Lámparas de halogenuros metálicos**

Son lámparas de vapor de mercurio a alta presión que además contienen halogenuros de tierras raras como el Dysprosio (Dy), Holmio (Ho) y el Tulio (Tm).

Estos haluros son en parte vaporizados cuando la lámpara alcanza su temperatura normal operativa. El vapor de haluros se disocia después, dentro de la zona central caliente del arco, en halógeno y en metal consiguiendo así aumentar considerablemente la eficacia luminosa y aproximar el color al de la luz diurna solar. Se utilizan diversas combinaciones de halogenuros (sodio, yodo, ozono) a los que se añade escandio, talio, indio, litio, etc.

La eficiencia de estas lámparas ronda entre los 60 y 96 lm/W y su vida media es de unas 10 000 horas. Tienen un periodo de encendido de unos diez minutos, que es el tiempo necesario hasta que se estabiliza la descarga. Para su funcionamiento es necesario un período de cebado de unos cuantos minutos, puesto que las tensiones de arranque son muy elevadas (1 500 V - 5 000 V) y requieren una fase de enfriamiento prolongada, antes de que se puedan encender de nuevo.

**Figura 11. Lámparas de halogenuros metálicos.**



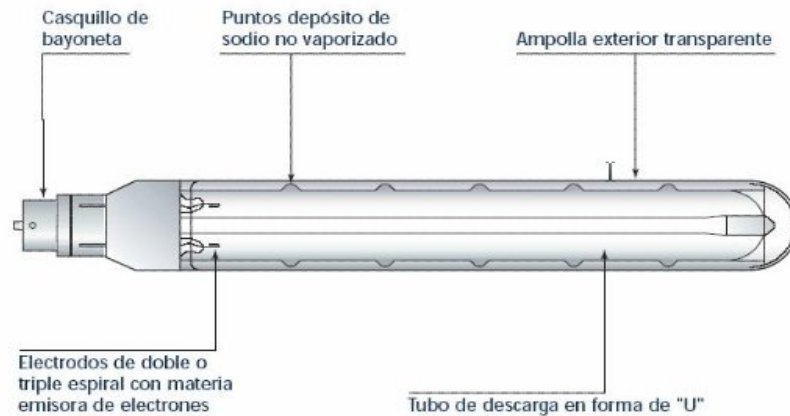
En la Figura 11 se aprecian los componentes de este tipo de lámpara y sus diferentes presentaciones.

#### **2.3.3.4. Lámparas de sodio a baja presión**

Existe una gran similitud entre el trabajo de una lámpara de vapor de sodio a baja presión y una lámpara de vapor de mercurio a baja presión (o fluorescente). Sin embargo, mientras que en la última la luz se produce al convertir la radiación ultravioleta de la descarga de mercurio en radiación visible, utilizando un polvo fluorescente en la superficie interna, en la primera la radiación visible se produce por la descarga directa del sodio.

La radiación emitida, de color amarillo, está muy próxima al máximo de sensibilidad del ojo humano (555 nm). Por ello, la eficacia de estas lámparas es muy elevada (entre 160 y 180 lm/W). Otras ventajas que ofrece es que permite una gran comodidad y agudeza visual, además de una buena percepción de contrastes. Por contra, su mono cromatismo hace que la reproducción de colores y el rendimiento en color sean muy malos haciendo imposible distinguir los colores de los objetos. [7]

**Figura 12. Componentes de una lámpara de sodio a baja presión.**



En la Figura 12 se observan los componentes principales de una lámpara de sodio a baja presión y algunas características de su forma física.

**Figura 13. Rendimiento de la lámpara de sodio de baja presión.**



La eficiencia de estas lámparas es superior a la de las lámparas fluorescentes, teniendo estas un 31% de la energía consumida transformada en luz utilizable, superando a las lámparas fluorescentes con un 28% de su energía transformada en luz visible.

#### **2.3.3.5. Lámparas de vapor de sodio a alta presión.**

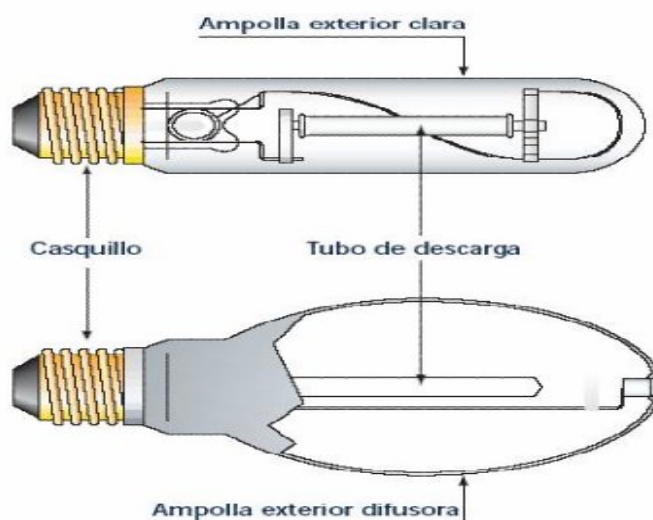
Físicamente, la lámpara de sodio alta presión (figura 14) es bastante diferente de la lámpara de sodio baja presión (figura 12), debido a que la presión de vapor es más alta que en la primera. Este factor de presión también es causa de muchas otras diferencias entre las dos lámparas, incluyendo las propiedades de la luz emitida.

Las condiciones de funcionamiento son muy exigentes debido a las altas temperaturas ( $1\ 000^{\circ}\text{C}$ ), la presión y las agresiones químicas producidas por el sodio que debe soportar el tubo de descarga. En su interior hay una mezcla de sodio, vapor de mercurio que actúa como amortiguador de la descarga y xenón que sirve para facilitar el arranque y reducir las pérdidas térmicas. El tubo está rodeado por una ampolla en la que se ha hecho el vacío. La tensión de encendido de estas lámparas es muy elevada y su tiempo de arranque es muy breve.

La vida útil está entre 8 000 y 12 000 horas. Entre las causas que limitan la duración de la lámpara, además de mencionar la depreciación del flujo se tiene que hablar del fallo por fugas en el tubo de descarga y del incremento progresivo de la tensión de encendido necesaria hasta niveles que impiden su correcto funcionamiento. [7]

En la Figura 14 y la Figura 15, se puede apreciar la composición de las lámparas de vapor de sodio de alta presión y su respectivo diagrama de rendimiento

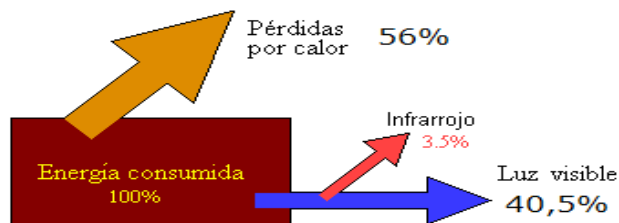
**Figura 14. Componentes de una lámpara de vapor de sodio alta presión.**



En esta figura se pueden apreciar las diferencias entre lámparas de alta y baja presión, siendo la más significativa la forma del tubo de descarga.

Al observar la Figura 15, se puede concluir que su rendimiento es el mejor de todas las lámparas observadas hasta el momento.

**Figura 15. Rendimiento de la lámpara de vapor de sodio alta presión.**



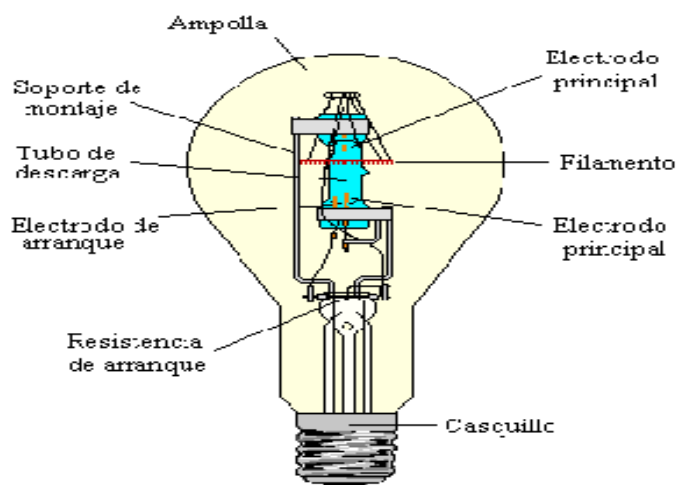
#### **2.3.4. Lámparas de luz de mezcla.**

Las lámparas de luz mezcla son una combinación de la lámpara de vapor de mercurio a alta presión y de la lámpara incandescente, como resultado de uno de los intentos para corregir la luz azulada de las lámparas de vapor de mercurio, lo cual se consigue por la inclusión dentro de la misma ampolla de un tubo de descarga de vapor de mercurio y un filamento incandescente de wolframio.

La duración viene limitada por el tiempo de vida del filamento que es la principal causa de fallo. Respecto a la depreciación del flujo hay que considerar dos causas. Por un lado se tiene el ennegrecimiento de la ampolla por culpa del wolframio evaporado y por otro la pérdida de eficacia de los polvos fosforescentes. En general, la vida media se sitúa en torno a las 6000 horas. [5]

Su composición física es muy similar a una lámpara incandescente (ver Figura 16), pero sus componentes no lo son tanto.

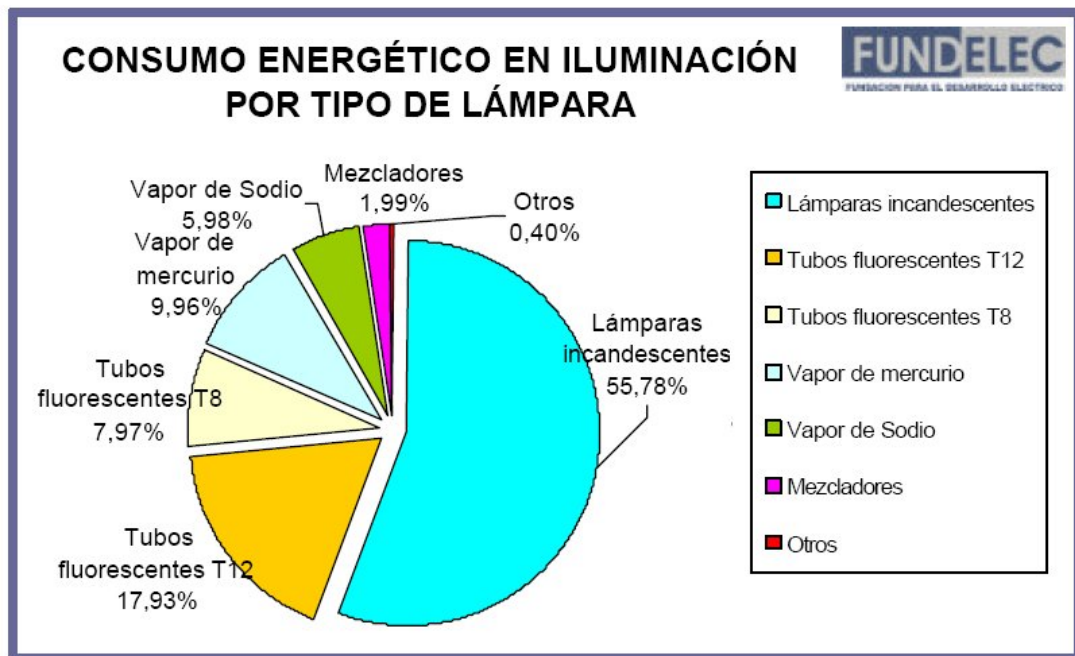
**Figura 16. Lámparas de luz de mezcla.**



Si se observa bien la Figura 16, existe un parecido físico de esta lámpara de luz de mezcla con una lámpara incandescente, cabe resaltar otro parecido, como estas lámparas no necesitan balasto ya que el propio filamento actúa como estabilizador de la corriente. Esto hace que puedan sustituir a las lámparas incandescentes sin necesidad de modificar las instalaciones.

Generalizando un poco, en el consumo de energía a nivel de Suramérica se tiene un consumo aproximado de energía por cada tipo de lámpara, teniendo las lámparas incandescentes el mayor consumo de energía, en el siguiente diagrama de la Figura 17 se observa este consumo. [4]

**Figura 17. Consumo energético por lámpara.**



## 2.4. ILUMINACIÓN DE ESTADO SOLIDO

La iluminación es responsable, en la actualidad, del 20% del consumo de energía eléctrica. En una nación industrializada, el uso de la tecnología de estado sólido para esta tarea reduciría el consumo energético en un 10% puesto que su eficiencia duplica la de los sistemas fluorescentes y es 10 veces mayor que la de las bombillas incandescentes.

Su larga vida útil, cercana a las cien mil horas, hace a los LED prácticamente eternos en un uso normal. Como aprovechan mejor la energía y emiten menos



calor permiten ahorrar sustancialmente en consumo de aires acondicionados en edificios. En Estados Unidos, la Asociación de Desarrollo de la Industria Optoelectrónica calcula que el uso del LED en el año 2020 significará un ahorro de unos 100 mil millones de dólares anuales y una reducción de las emisiones de dióxido de carbono, lo cual contrarresta el efecto invernadero, en una cuantía de unas 28 millones de toneladas.

La tecnología en la que se basan los LED's tiene su origen en la industria de los semiconductores. Es en parte la razón por la cual la industria del alumbrado más tradicional está algo recelosa de este recién llegado. La industria de los semiconductores ya fabrica productos revolucionarios, principalmente mediante miniaturización, que han tenido un gran impacto en la actualidad. Es el caso de productos de consumo como el CD y el DVD, los ordenadores y los teléfonos móviles, pero también muchos productos para aplicaciones más profesionales, como los equipos médicos portátiles. Ahora es el turno de la iluminación. [9]

#### **2.4.1. ¿Qué es un LED?**

El LED (Light Emitting Diode) es un dispositivo electrónico semiconductor que convierte la energía DC en luz. Como dispositivo semiconductor, el LED normalmente presenta un terminal más corto conocido como cátodo y corresponde al terminal negativo y tiene otro terminal más largo conocido como ánodo que corresponde al terminal positivo.

La parte más importante del LED es el semiconductor, el cual corresponde a una unión PN que solamente conduce la corriente eléctrica en un sentido de conexión de la tensión DC aplicada. El componente P corresponde al ánodo como terminal positivo y el componente N corresponde al cátodo como terminal negativo. Cuando el nivel de tensión DC es igual al voltaje nominal del LED y se aplica con la polaridad correcta este dispositivo emite luz con cero calentamiento.

La aplicación de los LED's dentro de la ingeniería de la iluminación como mecanismo para ahorro de energía y como dispositivo capaz de ser programado como secuenciador de diferentes colores y tonos de luz es lo que se conoce como tecnología de estado sólido. [9]

#### **2.4.2. Ventajas de los LED'S**

- Son pequeños, eficaces en el uso de la energía y resistentes.
- Ahorran más energía que muchas de las actuales fuentes de iluminación, especialmente si se tiene en cuenta su eficiencia óptica.
- Están basados en una tecnología de bajo voltaje, que no sólo hace que la instalación resulte más sencilla, sino que también los hace más seguros.

- Continúan en proceso de desarrollo. Por el momento, el nivel de eficiencia se duplica más o menos cada dos años.
- Abren el camino a nuevas aplicaciones, también en mercados emergentes.
- Pueden ser el origen de nuevas formas de iluminación en áreas rurales de donde el suministro de energía es limitado.

### 2.4.3. Tipos de lámparas de estado sólido

En la actualidad existen varios tipos de lámparas de estado sólido, creadas para reemplazar a las actuales lámparas, ya sean, incandescentes o fluorescentes ahorradoras.

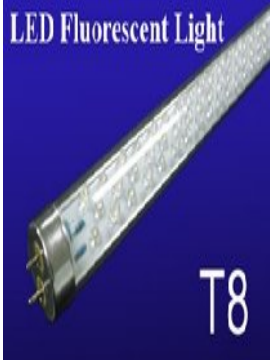


A continuación se listan unas lámparas de estado sólido y las lámparas a las cuales pueden reemplazar. [9]

**Tabla 2. Tipos de lámparas de estado solido**

DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	IMAGEN
Bombillo de <b>6,8 W</b> para reemplazo de un bombillo fluorescente ahorrador de 15 W.	<u>Tensión de entrada:</u> 120 VAC. <u>No de LED's:</u> 5 <u>Tipo de LED usado:</u> LED de 1 W de máxima luminosidad. <u>Color de la luz:</u> Blanco. <u>Frecuencia:</u> 60 Hz. <u>Tipo de rosca:</u> E27. <u>Uso:</u> Interiores.	
Bombillo de <b>5 W</b> para reemplazo de un bombillo fluorescente ahorrador de 15 W.	<u>Tensión de entrada:</u> 120 VAC. <u>Corriente de trabajo:</u> 700 mA. <u>No de LED's:</u> 1 <u>Tipo de LED usado:</u> LED de 5 W. <u>Ángulo de dispersión de la luz:</u> 180°. <u>Color de la luz:</u> Blanco. <u>Dimensiones:</u> 60 x 115 mm. <u>Tipo de rosca:</u> E27. <u>Uso:</u> Interiores.	
Lámpara de <b>10 W</b> para reemplazo de:	<u>Tensión de entrada:</u> 120 VAC. <u>No de LED's:</u> 10.	

DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	IMAGEN
<ul style="list-style-type: none"> <li>Una bombilla fluorescente ahorradora de 35 W para apliques de techo.</li> <li>Una bombilla incandescente de 80 W para apliques de techo.</li> </ul>	<p><u>Tipo de LED usado:</u> LED de 1 W de máxima luminosidad.</p> <p><u>Ángulo de dispersión de la luz:</u> 30°.</p> <p><u>Color de la luz:</u> Blanco (luz día).</p> <p><u>Frecuencia:</u> 60 Hz.</p> <p><u>Peso:</u> 144 gramos.</p> <p><u>Tipo de rosca:</u> E27.</p> <p><u>Diámetro pantalla superior:</u> 64,5 mm.</p> <p><u>Uso:</u> Interiores.</p>	
<p>Lámpara de <b>15 W</b> para reemplazo de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Una bombilla fluorescente ahorradora de 50 W para apliques de techo.</li> <li>Una bala halógena de 50 W para iluminación de interiores.</li> <li>Una bombilla incandescente de 100 W para apliques de techo.</li> </ul>	<p><u>Tensión de entrada:</u> 120 VAC.</p> <p><u>No de LED's:</u> 15</p> <p><u>Tipo de LED usado:</u> LED de 1 W de máxima luminosidad.</p> <p><u>Ángulo de dispersión de la luz:</u> 30°.</p> <p><u>Color de la luz:</u> Blanco (luz día).</p> <p><u>Frecuencia:</u> 60 Hz.</p> <p><u>Peso:</u> 226 Gramos.</p> <p><u>Tipo de rosca:</u> E27.</p> <p><u>Diámetro pantalla superior:</u> 90,5 mm.</p> <p><u>Altura:</u> 91 mm.</p> <p><u>Uso:</u> Interiores.</p>	
<p>Lámpara de <b>66 W a 120 VAC</b> reemplaza reflector o lámpara halógena de 150 W para interiores</p>	<p><u>Tensión de entrada:</u> 120 VAC.</p> <p><u>No de LED's DE 1 W:</u> 40 LED's.</p> <p><u>Ángulo de dispersión de la luz:</u> 30°.</p> <p><u>Color de luz:</u> Blanco (luz día).</p> <p><u>Frecuencia:</u> 60 Hz.</p> <p><u>Peso:</u> 1265 Gramos.</p> <p><u>Diámetro pantalla superior:</u> 176 mm.</p> <p><u>Uso:</u> Interiores.</p>	
<p>Lámpara de <b>66 W a 220 VAC</b> reemplaza reflector o lámpara</p>	<p><u>Tensión de entrada:</u> 220 VAC.</p> <p><u>No de LED's DE 1 W:</u> 40 LED's.</p> <p><u>Ángulo de dispersión de la luz:</u> 30°.</p>	

DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	IMAGEN
halógena de 150 W para interiores	<u>Color de luz:</u> Blanco (luz día). <u>Frecuencia:</u> 60 Hz. <u>Peso:</u> 1265 Gramos. <u>Diámetro pantalla superior:</u> 176 mm. <u>Uso:</u> Interiores.	
Lámpara de <b>82 W a 120 VAC</b> para reemplazo de reflector metalar o halógeno de 250 W para interiores	<u>Tensión de entrada:</u> 120 VAC. <u>No de LED's:</u> 48 <u>Tipo de LED usado:</u> LED de 1 W de máxima luminosidad. <u>Ángulo de dispersión de la luz:</u> 30°. <u>Color de la luz:</u> Blanco (luz día). <u>Frecuencia:</u> 60 Hz. <u>Peso:</u> 1550 Gramos. <u>Diámetro pantalla superior:</u> 203 mm. <u>Uso:</u> Interiores.	
Lámpara de <b>82 W a 220 VAC</b> para reemplazo de reflector metalar o halógeno de 250 W para interiores	<u>Tensión de entrada:</u> 220 VAC. <u>No de LED's:</u> 48 <u>Tipo de LED usado:</u> LED de 1 W de máxima luminosidad. <u>Ángulo de dispersión de la luz:</u> 30°. <u>Color de la luz:</u> Blanco (luz día). <u>Frecuencia:</u> 60 Hz. <u>Peso:</u> 1550 Gramos. <u>Diámetro pantalla superior:</u> 203 mm. <u>Uso:</u> Interiores.	
Tubo de LED's de <b>15 W a 120 VAC</b> para reemplazo de un tubo fluorescente de 40 W	<u>Voltaje de entrada:</u> 120 VAC. <u>No de LED's:</u> 276 <u>Tipo de LED usado:</u> LED de 5 milímetros de alta luminosidad. <u>Color de luz:</u> Blanco (luz día). <u>Longitud:</u> 1200 mm. <u>Diámetro:</u> 30 mm. <u>Ventajas:</u> No requiere balasto. <u>Tipo de Conector:</u> T8. <u>Uso:</u> Interiores.	
Tubo de LED's de <b>15 W a 220 VAC</b>	<u>Voltaje de entrada:</u> 220 VAC. <u>No de LED's:</u> 276	

DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	IMAGEN
para reemplazo de un tubo fluorescente de 40 W	Tipo de LED usado: LED de 5 milímetros de alta luminosidad. Color de luz: Blanco (luz día). Longitud: 1200 mm. Diámetro: 30 mm. Ventajas: No requiere balasto. Tipo de Conector: T8. Uso: Interiores.	 A photograph of a long, thin, silver-colored LED fluorescent light tube. The text "LED Fluorescent Light" is written in the top left corner, and "T8" is written in the bottom right corner.
Tubo de LED's de <b>8 W a 120 VAC</b> para reemplazo de un tubo fluorescente de 20 W	<u>Tensión de entrada:</u> 120 VAC. <u>No de LED's:</u> 174 <u>Tipo de LED usado:</u> LED de 5 milímetros de alta luminosidad. <u>Color de luz:</u> Blanco (luz día). <u>Longitud:</u> 600 mm. <u>Diámetro:</u> 30 mm. <u>Ventajas:</u> No requiere balasto. <u>Tipo de Conector:</u> T8. <u>Uso:</u> Interiores.	 A photograph of a shorter, silver-colored LED fluorescent light tube, showing its internal structure and connectors.
Tubo de LED's de <b>8 W a 220 VAC</b> para reemplazo de un tubo fluorescente de 20 W	<u>Tensión de entrada:</u> 220 VAC. <u>No de LED's:</u> 174 <u>Tipo de LED usado:</u> LED de 5 milímetros de alta luminosidad. <u>Color de luz:</u> Blanco (luz día). <u>Longitud:</u> 600 mm. <u>Diámetro:</u> 30 mm. <u>Ventajas:</u> No requiere balasto. <u>Tipo de Conector:</u> T8. <u>Uso:</u> Interiores.	 A photograph of a shorter, silver-colored LED fluorescent light tube, showing its internal structure and connectors.

## 2.5. EL CONSUMO DE ENERGÍA DE LOS APARATOS ELECTRÓNICOS.

De todos los recursos de los que depende la civilización moderna, la energía es probablemente el más importante. Pero durante mucho tiempo se ha considerado este recurso como algo evidente, como algo garantizado. El encarecimiento de la energía y la preocupación por las emisiones de gases de efecto invernadero hace que se estén valorando críticamente el uso que se hace de la energía.

En muchos sectores, el potencial de ahorro de energía es relativamente pequeño, de modo que una mejora de eficiencia energética de unos pocos puntos porcentuales se celebra como un gran éxito.

El lugar donde cada persona desarrolla su trabajo, después del hogar, es el sitio donde se pasa más tiempo a lo largo del día. Por este motivo, y teniendo en cuenta la cantidad y calidad del equipamiento y los servicios que la mayoría de las empresas nacionales ofrecen, se convierten en un lugar muy apropiado para aplicar buenas prácticas en el uso de la energía.

Se sabe que cada una de las oficinas o dependencias de una edificación (o empresa) son diferentes, también existen determinados equipos y servicios que consumen cierta cantidad de energía según sean los trabajos a realizar. Estos equipamientos deben utilizarse de un modo eficiente, para ello lo primero que se debe hacer es informarse y tomar conciencia de cómo pueden ser manejados. Corresponderá a cada uno de los empleados actuar y tomar decisiones personales; o bien proponer opciones a la dirección de la institución y promover mejoras.

Los aparatos electrónicos representan otra buena parte del consumo energético en las instalaciones, situados después de la iluminación y de los motores eléctricos. Los computadores, impresoras, fotocopiadoras, telefax, scanners y todo tipo de aparatos electrónicos que forman parte de las oficinas de hoy en día pueden ser una fuente grande de ahorro si se usan racionalmente.

Después de la revolución de la informática es imposible pensar en desligarse de estos avances tecnológicos. Las computadoras y todos sus periféricos están presentes en todas partes, en oficinas, hospitales, hoteles, aeropuertos y cada día, la invasión de computadoras hacia los hogares es mayor, se ha creado una dependencia, por consiguiente, lo que se debe hacer es conocerlas mejor y buscar la manera de que su uso no represente un consumo importante de energía.

El computador consume energía cuando está encendido y no se puede apagar cada vez que un empleado se ausente del puesto de trabajo por períodos cortos de tiempo, se recomienda que para periodos largos de tiempo se apague el monitor ya que este equivale a un bombillo de 100 W. Durante el tiempo de reuniones que pueden durar más de una hora, en las horas de las comidas y cuando se terminen las actividades diarias, se recomienda apagar completamente el computador.

La impresora es utilizada en pocas ocasiones, por consiguiente deben mantenerse apagadas y encenderlas al momento de su uso. En los casos que la impresora es compartida por varios usuarios, se debe apagar al final de la jornada de trabajo. Adicionalmente si la impresora, scanner, fotocopiadora, etc. tiene un sistema de ahorro de energía, configurarlo correctamente.

## 2.6. LOS MOTORES ELÉCTRICOS Y SUS CARACTERÍSTICAS.

Alrededor de un poco más del 50% del consumo de la energía eléctrica generada se debe al funcionamiento de los motores eléctricos. Incontables ejemplos de su aplicación, se tienen en la industria, el comercio, los servicios y el hogar.

El ahorro de energía comienza desde la selección apropiada de los motores. Siempre hay uno adecuado a las necesidades que se tienen, tanto en lo que respecta a su tipo por condiciones ambientales de operación, por condiciones de arranque o regulación de velocidad, así como por su tamaño o potencia. Los mayores ahorros de energía eléctrica se obtienen cuando el motor y su carga operan a su máxima eficiencia. [10]

### 2.6.1. ¿Qué es la eficiencia en un motor?

La eficiencia o rendimiento de un motor eléctrico es una medida de su habilidad para convertir la potencia eléctrica que toma de la línea en potencia mecánica útil. Se expresa usualmente en el porcentaje de la relación de la potencia mecánica entre la potencia eléctrica, esto es:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Potencia mecánica}}{\text{Potencia eléctrica}} \times 100\%$$

No toda la energía eléctrica que un motor recibe, se convierte en energía mecánica. En el proceso de conversión, se presentan pérdidas, por lo que la eficiencia nunca será del 100%. Si las condiciones de operación de un motor son incorrectas o este tiene algún desperfecto, la magnitud de las pérdidas, puede superar por mucho las de diseño, con la consecuente disminución de la eficiencia.

Para calcular la eficiencia, las unidades de las potencias deben ser iguales. Como la potencia eléctrica se expresa usualmente en kilowatts (kW) en tanto que la potencia mecánica en caballos de potencia (HP), las siguientes equivalencias son útiles para la conversión de unidades:

$$1 \text{ HP} = 0,746 \text{ kW}$$

$$1 \text{ kW} = 1,34 \text{ HP}$$

Si un motor tiene una eficiencia del 85%, quiere decir que el motor convierte el 85% de su energía eléctrica en mecánica, perdiendo el 15% en el proceso de conversión. En términos prácticos, se consume (y se paga) inútilmente la energía utilizada para hacer funcionar al motor. Emplear motores de mayor eficiencia, reduce las pérdidas y los costos de operación.

Los incrementos que han experimentado el costo de los energéticos a nivel mundial, han orientado a los fabricantes de motores a lograr principalmente motores de alta eficiencia, con rendimientos de hasta un 96% y cuyo costo adicional sobre los convencionales se puede pagar rápidamente con los ahorros que se tienen en el consumo. Vale la pena considerar su utilización. [10]

### **2.6.2. Cuidado con las reparaciones**

La reparación inadecuada de un motor puede ocasionar un incremento en las pérdidas y adicionalmente en los motores de corriente alterna, la reducción del factor de potencia. Todo esto conduce a una disminución de su eficiencia.

Por ejemplo un motor que sufrió un desperfecto en su devanado y que por ello hay que rebobinarlo, puede disminuir su eficiencia considerablemente, si durante el proceso de reparación se presenta:

- Calentamiento desmedido del hierro al quitar el devanado
- Daños en las ranuras al quitar el devanado dañado y montar el nuevo
- Diferente calidad y calibre del alambre
- Diferente número de vueltas
- Daños a los cojinetes y mal alineamiento.
- Mayor tiempo de secado final

Por esto es importante que cuando un motor sea reparado, los trabajos los efectúe personal calificado para garantizar que la reparación sea realizada correctamente y que los materiales empleados sean de calidad igual o superior a los originales.

La misma atención se debe prestar a las partes eléctricas del motor, como a los componentes mecánicos, tales como los cojinetes, el eje y el sistema de ventilación o enfriamiento. Con frecuencia los daños que sufren los devanados tienen su origen en desperfectos mecánicos.

Un motor mal reparado al ser instalado nuevamente, gastará más energía que antes. Cuando los daños sean mayores puede resultar más económico sustituir un motor que repararlo. Se puede evaluar la posibilidad de hacerlo y si se decide, este podrá ser remplazado por un motor de alta eficiencia.

### **2.6.3. Motores eléctricos y el factor de potencia**

Los motores de inducción por su simplicidad de construcción, su velocidad prácticamente constante, su robustez y su costo relativamente bajo, son los motores más utilizados en la industria. Sin embargo, tienen el inconveniente de que aún en óptimas condiciones, consumen potencia reactiva (kVAR) por lo que son una de las causas principales del bajo factor de potencia en las instalaciones industriales.



El factor de potencia es indicativo de la eficiencia con que se está utilizando la energía eléctrica para producir un trabajo útil. Se puede definir como el porcentaje de la relación de la potencia activa (kW) y la potencia aparente o total (kVA).

$$\text{Factor de potencia} = \frac{kW}{kVA} \times 100$$

Un bajo factor de potencia significa energía desperdiciada y afecta a la adecuada utilización del sistema eléctrico. Por esta razón en las tarifas eléctricas, se ofrece una reducción en las facturas de electricidad en instalaciones con un factor de potencia mayor del 90% y también se imponen cuotas a manera de multas si el factor de potencia es menor que la cifra señalada.

Ya que los motores de inducción son una de las causas principales del bajo factor de potencia, se sobreentiende que no son los únicos que causan este fenómeno. Se pueden tomar las siguientes medidas según sea el caso para corregirlo:

- Selección justa del tipo, potencia y velocidad de los motores que se instalan
- Empleo de motores trifásicos en lugar de monofásicos
- Aumento de la carga de los motores a su potencia nominal (evitar sobredimensionamiento del motor)
- Evitar el trabajo prolongado en vacío de los motores
- Reparación correcta y de alta calidad de los motores
- Instalación de capacitores en los circuitos con mayor número de motores o en los motores de mayor capacidad

Corregir el bajo FP en una instalación es un buen negocio, no sólo porque se evitarán los cargos en la facturación que esto origina sino porque los equipos operan más eficientemente, reduciendo los costos por consumo de energía.

Ahorrar energía es tarea de todos y de todos los días. Porque de no hacerlo quizás mañana ya no exista energía que ahorrar. Los resultados que se obtengan de cada empresa, en cada hogar, con cada usuario, contribuirán a asegurar un mejor futuro, particular y colectivo.

Establecer una campaña permanente de ahorro de energía en las instalaciones, dentro de la cual es fundamental concientizar al personal. Motivar a que se participe activamente y se puedan tomar en cuenta opiniones y sugerencias. Muchas de ellas pueden representar verdaderas oportunidades de ahorro. [10]

**CABE DESTACAR QUE LA ENERGÍA MAS BARATA Y LA ÚNICA QUE REALMENTE NO CONTAMINA, ES LA QUE NO SE GASTA.**

### **3. PROGRAMAS DE AHORRO DE ENERGÍA**

Se han creado una serie de estrategias con el fin de frenar el uso irracional de la energía eléctrica y hacer más eficientes las instalaciones eléctricas de uso final, por parte de algunos organismos entre los cuales se destacan la UPME, algunas empresas proveedoras de servicios, etc.

#### **3.1. PROGRAMA DE MASIFICACIÓN DE LUMINARIAS EFICIENTES EN EDIFICIOS PÚBLICOS SEGÚN LA UPME.**

Se estima que en edificios de la administración pública la energía eléctrica es utilizada principalmente para la iluminación, el aire acondicionado, el funcionamiento de equipos de oficinas y, en menor medida, para ascensores y bombeo de agua.

No se ha tenido acceso a estudios que detallen el consumo de energía en una muestra representativa de estos edificios. A partir de la extrapolación de resultados de otros países podría estimarse que el 50% del consumo de energía eléctrica es para iluminación. Las opciones eficientes existentes para edificios públicos son más accesibles y el potencial es, en consecuencia, significativo.

Los edificios públicos detentan un elevado potencial de ahorro. Las acciones que se desarrollen para aumentar la eficiencia con que se utiliza la energía dentro de estos poseen algunas características beneficiosas:

- El potencial de ahorro económico y demanda de potencia es alto.
- Dada la magnitud de este subsector, cualquier medida generalizada que se tome dentro de este ámbito tendrá impacto en el resto del mercado y los sectores.
- El aprendizaje y las herramientas que se desarrollen en este ámbito podrán ser reproducidos o trasladados a otros niveles institucionales: provinciales, municipales e inclusive dentro del sector privado, multiplicando aún más los beneficios a obtener.

La iluminación más eficiente de edificios públicos tendría múltiples ventajas, entre las cuales se deben destacar:

- Menor consumo de energía liberando la misma para otros sectores y consumos.
- Menor demanda de potencia, reduciendo la presión sobre necesidades de inversión en el sistema eléctrico.

- Mejor calidad de iluminación (incremento de energía útil), confort y productividad de los funcionarios.
- Reducción de costos.
- Consecuente liberación de recursos para otros fines públicos.
- Eventual reducción de impuestos.

Las medidas de eficiencia en iluminación incluirían:

- Sustitución por lámparas más eficientes.
- Mejoras en el sistema de iluminación que reducen intensidad.
- Medidas de control automático.
- Sistemas inteligentes de detección.
- Mayor y mejor aprovechamiento de la iluminación natural.

El objetivo del Programa sería la aceleración en la penetración de las tecnologías de eficiencia en iluminación en el sector de edificios públicos, por lo que jugará un papel fundamental para alcanzar los objetivos de mejora de eficiencia y reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>.

La estrategia global establecida en el Plan de Actuación en Eficiencia Energética se podría extender a un programa diseñado para facilitar la penetración de las tecnologías de eficiencia en iluminación en el sector terciario.

El Programa podría tener una vigencia de 5 años y actuar como catalizador para el desarrollo de los sectores claves de la iluminación eficiente, enviando un mensaje para el mayor uso de tecnologías eficientes en la iluminación y estimulando las inversiones en las mismas.

Como parte del programa podría incluirse la elaboración de una Guía para el uso eficiente de la energía y un programa de información, que expanda los conceptos y alcance de uso eficiente más allá de los servicios de iluminación e incorpore aspectos tales como:

- I. Instruir al personal a activar los sistemas y equipamientos eléctricos y electrónicos no esenciales (equipos de aire acondicionado, equipamiento de oficina, cafeteras eléctricas, etc.), solamente sesenta minutos antes del inicio de las actividades y a desactivarlos, como máximo, treinta minutos después de su cese, de acuerdo con el horario de trabajo especificado correspondiente.
- II. Establecer una meta mínima de reducción mensual de tanto por ciento en el consumo de energía eléctrica (expresada en kWh), y por el lapso de un año, tomando como referencia los consumos mensuales del mismo mes del año anterior.

- III. Instruir a las autoridades para implementar el siguiente conjunto de medidas inmediatas de ahorro de energía eléctrica de costo nulo o mínimo:
- Ordenar la disminución del nivel de iluminación (apagado de luces, desconexión de circuitos, desactivación de lámparas, etc.) en pasillos y cualquier otra zona de tránsito siempre que esto no afecte la seguridad de las personas.
  - Evitar el derroche de energía eléctrica durante las actividades de limpieza de oficinas y locales en general, asegurándose que, durante el proceso, se minimice el uso de la iluminación sectorizando adecuadamente su empleo.
  - Instruir al personal en el apagado de luces y uso prudente del agua en las instalaciones sanitarias.
  - Instruir al personal de mantenimiento y/o limpieza para evitar el derroche de energía eléctrica en espacios comunes.
  - Prohibir la utilización de iluminación ornamental interior y exterior.
  - Distribuir convenientemente afiches, carteles o cualquier otro tipo de comunicación visual que recuerden el apagado de luces innecesarias y el uso racional de los equipos eléctricos.
  - Asegurar la limpieza periódica de luminarias, la desactivación de balastos ociosos, y la implementación de cualquier otra medida de operación y mantenimiento que contribuya a optimizar el uso de las instalaciones.
  - Sustituir la luz eléctrica por un mayor aprovechamiento de la luz natural en aquellos lugares y ocasiones que lo permitan.
  - Obligar a configurar sistemas de ahorro de energía (Save Energy o Standby) en todas las computadoras personales (PC), y en todo equipamiento de oficina que lo permita.
- IV. Recordar a los funcionarios y empleados que el concepto de eficiencia energética abarca varios aspectos a saber:
- Reducción del consumo energético.
  - Reducción de la demanda de potencia.
  - Disminución en el gasto económico destinado a la provisión de servicios energéticos.

Un programa más ambicioso, planteado por etapas, identificaría diferentes líneas de trabajo que permiten avanzar sobre beneficios adicionales, como:

- a) Gestión de la demanda: Se considera en este punto el control del encendido y apagado de algunos equipos de gran consumo así como también de las instalaciones. Estas medidas generan importantes ahorros económicos, reducción de la demanda de

potencia en el horario de punta y disminución del consumo energético.

- b) Ahorro por corte de equipos de aire acondicionado en el horario de punta: Desactivar los equipos de aire acondicionado antes de las horas pico genera una reducción.
- c) Uso eficiente de la energía eléctrica: La eficiencia en un sistema de provisión de servicios energéticos puede encontrarse de diversas formas y en diversos elementos. Las medidas de eficiencia involucran aspectos técnicos, administrativos, culturales, entre otros, que deben estar articulados convenientemente.

También se debe tener en cuenta:

- Utilización de tecnologías eficientes: Los artefactos de uso final están caracterizados, entre otras cosas, por la eficiencia con que transforman la energía eléctrica en el servicio energético buscado. La adecuada elección de los artefactos de uso final de la energía eléctrica permite generar importantes ahorros en forma sostenida en el tiempo. En general, las compras de equipamiento se determinan solamente a partir del menor costo inicial, situación que conlleva a la utilización de tecnologías ineficientes que tienen mayores consumos y costos de provisión de los servicios energéticos. El empleo de tecnologías eficientes repercute positivamente en la disminución del consumo, la demanda de potencia y el costo de provisión del servicio energético.
- Servicio energético prestado: Ajustar los niveles de los servicios energéticos prestados a los valores adecuados cuando éstos son excesivos (por ejemplo evitar el enfriamiento desmedido de los equipos de aire acondicionado) permite obtener ahorros energéticos y económicos.
- Comportamiento de los usuarios: El comportamiento consciente de los usuarios de las instalaciones que consumen energía permite evitar gran parte del derroche producido por un desmesurado uso de las mismas. Educar a los usuarios en este sentido permite obtener ahorros energéticos y económicos.
- Medidas edilicias: Las características constructivas, orientaciones, morfología edilicia, organización espacial interior de las áreas de trabajo entre otros factores, tienen una influencia básica en el comportamiento de los edificios. La modificación o adecuación de algunos de estos rasgos y, fundamentalmente, su inclusión desde el momento mismo del diseño constituye una importante fuente de reducciones de consumo en el mediano y largo plazo. [14]

### **3.2. PROGRAMAS URE EMPRESAS DE SERVICIOS PÚBLICOS (ESP)**

Con la Ley 697 de 2001 (ver anexo 1: Normatividad colombiana sobre el uso racional de energía), se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones. Establece en su Artículo 6:

**OBLIGACIONES ESPECIALES DE LAS EMPRESAS DE SERVICIOS PÚBLICOS.** Además de las obligaciones que se desprendan de programas particulares que se diseñen, las Empresas de Servicios Públicos que generen, suministren y comercialicen energía eléctrica y gas, y realicen programas URE, tendrán la obligación especial dentro del contexto de esta ley, de realizar programas URE para los usuarios considerando el aspecto técnico y financiero del mismo y asesorar a sus usuarios para la implementación de los programas URE que deban realizar en cumplimiento de la presente ley.

Adicionalmente se establecen obligaciones de las empresas de servicios públicos y entidades de la Rama Ejecutiva del orden nacional según el decreto número 3683 de 2003.

**Artículo 19. *Obligaciones de las empresas de servicios públicos.*** Las empresas de servicios públicos que generen, suministren y comercialicen energía eléctrica y gas y realicen programas URE, deberán presentar cada tres (3) años información de los aspectos técnicos y financieros de sus programas URE a la Unidad de Planeación Minero Energética, UPME, para su seguimiento, análisis e incorporación en la Planeación Energética Nacional.

**Artículo 20. *Contenido de las facturas del servicio público domiciliario de energía eléctrica y gas.*** Las empresas de servicios públicos que presten servicios de energía eléctrica y gas deberán imprimir en la carátula de recibo de factura o cobro, mensajes motivando el uso racional y eficiente de la energía y sus beneficios con la preservación del medio ambiente.

**Artículo 21. *Obligaciones especiales de las entidades de la Rama Ejecutiva del Orden Nacional.*** Las entidades de la rama ejecutiva del orden nacional del sector central y descentralizadas por servicios a que hace referencia la Ley 489 de 1998, deberán motivar y fomentar la cultura de Uso Racional y Eficiente de la Energía.

En el marco de los artículos mencionados resulta pertinente una propuesta de participación de las empresas distribuidoras de energía eléctrica y gas natural desarrollando un programa de uso racional de energía que podría incluir las siguientes actividades y servicios:

### **3.2.1. Empresas distribuidoras y comercializadoras de energía eléctrica**

- Información sobre las posibilidades de uso eficiente de la energía modificando usos y costumbres.
- Desarrollar un plan de provisión y financiamiento de equipamientos eléctricos eficientes.
- Gestión de demanda.
- Administración del recurso energético.
- Termografía.
- Análisis predictivo de transformadores.
- Programas de asesoría energética.
- Auditorías energéticas.
- Seguros de reparaciones urgentes a domicilio.
- Calibración de equipos.
- Análisis e información sobre calidad de potencia.
- Análisis de redes.
- Vibraciones.
- Ultrasonido.
- Asesoría técnica.
- Asesoría financiera.
- Calidad del servicio.
- Telemedida.
- Mantenimiento correctivo y predictivo.

### **3.2.2. Empresas distribuidoras de gas natural**

Estas empresas implementan o pueden implementar los siguientes lineamientos para contribuir con el uso racional de la energía eléctrica.

- Folleto de información sobre las posibilidades de los usuarios para disminuir los consumos de energía modificando usos y costumbres.
- Desarrollar un Plan de provisión y financiamiento de equipamientos eficientes especialmente de aquellos artefactos de mayor consumo y uso frecuente, tales como: estufas, cocinas, etc.
- Diagnósticos, auditorías energéticas, calibración de equipos, análisis de combustión. [14]

## **3.3. PROGRAMA DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA.**

Un programa de ahorro y eficiencia energética abarca el análisis del comportamiento de los siguientes sistemas:

- Transformación.
- Iluminación.
- Motores eléctricos.
- Salas de cómputo.

### **3.3.1. Alternativas para ahorro de energía en transformadores.**

- Desconectar siempre el transformador desde el lado de alta, así se evitará el consumo de energía debido a las pérdidas en vacío.
- Determinar la carga eléctrica del transformador para no sobrecargarlo y así reducir las pérdidas en el cobre.
- Evitar la operación del transformador a baja carga ( $< 20\%$ ), si es posible redistribuir las cargas.
- Revisar el nivel y la rigidez dieléctrica del aceite cada 6 meses, con el fin de controlar la capacidad aislante y refrigerante del mismo.
- Realizar una limpieza periódica del transformador, es decir, superficie del tanque, aletas disipadoras de calor, borne, etc.
- Medir con frecuencia la temperatura superficial del transformador, ella no debe ser superior a  $55^{\circ}\text{C}$ , de ser así, debe revisarse el aceite dieléctrico.

### **3.3.2. Alternativas para ahorro de energía en sistemas de iluminación**

- Limpiar periódicamente las luminarias, porque la suciedad disminuye el nivel de iluminación de una lámpara hasta en un 20%.
- Apagar las lámparas que no se necesiten, como por ejemplo cuando el personal no está en las aulas.
- Evaluar la posibilidad de utilizar luz natural, instalando tejas transparentes o similares. Aprovechar este recurso siempre que se brinde un nivel adecuado de iluminación.
- Usar colores claros en las paredes, muros y techos, porque los colores oscuros absorben gran cantidad de luz y obligan a utilizar más lámparas.
- Reemplazar las lámparas fluorescentes TL12 de 40 W por fluorescentes TL8 de 32 W, con un mejor nivel de iluminación. Este reemplazo significa un ahorro económico del 20% en la factura de cobro, ya que los TL8 consumen 8 W menos.
- Independizar y sectorizar los circuitos de iluminación, esto ayudará a iluminar los sectores que solo se necesitan.
- Seleccionar las lámparas que suministren los niveles de iluminación requeridos en las normas de acuerdo al tipo de actividad que se desarrollen.



- Utilizar balastos electrónicos, porque permiten ahorrar hasta un 10% de energía y corrigen el factor de potencia, así como incrementan la vida útil de las fluorescentes.
- Utilizar luminarias apropiadas como las pantallas difusoras con rejillas. No utilizar difusores o pantallas opacas porque generan pérdidas de luz por lo que se requiere utilizar más lámparas.

### **3.3.3. Alternativas para ahorro de energía en motores eléctricos.**

- Evitar el arranque y la operación simultánea de dos motores, sobre todo los de mediana y gran capacidad, para disminuir el valor máximo de la demanda.
- Evitar la operación en vacío de los motores.
- Verificar periódicamente la alineación de los motores con la carga impulsada. Una alineación defectuosa puede incrementar las pérdidas por rozamiento y en caso extremo causar daños al motor mismo y a la carga.
- Corregir la caída de tensión en los alimentadores. Una tensión reducida en los terminales de motor, genera un incremento en la corriente, sobre calentamiento y disminución de su eficiencia. Las normas permiten el 5% de caída, para ello utilizar los conductores correctamente dimensionados.
- Balancear la tensión de alimentación en los motores trifásicos de corriente alterna. El desequilibrio entre fases no debe ser en ningún caso mayor al 2%, entre mayor sea el desbalance los motores operan con menor eficiencia.
- Utilizar arrancadores a tensión reducida en aquellos motores que realicen un número elevado de arranques. Con esto se evita el calentamiento excesivo en los conductores y se logra disminuir las pérdidas durante la aceleración.
- No se recomienda rebobinar más de 2 veces porque se pueden variar las características de diseño del motor lo cual incrementa las pérdidas de energía (disminución de la eficiencia).

### **3.3.4. Alternativas para un aire acondicionado eficiente**

El funcionamiento del aire acondicionado depende casi que exclusivamente de la electricidad y su uso racional implica por ende un ahorro de energía.

- No enfriar en exceso. Una temperatura del orden de los 25°C en verano, en el interior de una oficina brinda una sensación suficiente de bienestar.
- Por cada grado de temperatura por debajo de los 25°C que se exija al acondicionador, este consumirá aproximadamente un 8% más de energía.

- En muchos de los casos es posible combatir el calor basándose en un simple ventilador, cuyo consumo eléctrico es mucho más bajo.
- Instalar toldos y persianas, que impiden las radiaciones directas del sol y disminuyen, por lo tanto, la necesidad de refrigerar.
- Desconectar el aire acondicionado cuando no haya nadie en la oficina.
- Realizar la limpieza del filtro que atrapa la polución del aire, para evitar la reducción en el rendimiento del equipo.

#### **4. EFICIENCIA ENERGÉTICA**

La globalización ha originado una situación en la cual la competitividad de las empresas se ha convertido en uno de sus más importantes objetivos. Se ha observado a nivel mundial una escasez de recursos energéticos y limitaciones de capacidad de producción especialmente de hidrocarburos.

Esta escasez ha ocasionado el incremento apresurado de los costos energéticos y ha renovado la apetencia por fuentes alternas de energía y tecnologías de ahorro energético. Los altos costos de la energía eléctrica, del gas, y del combustible contribuyen a una escalada de precios, que desmejoran la calidad de vida humana y propician el caos general.

Conseguir una mayor eficiencia energética se ha identificado como una forma de lograr que alcancen los recursos energéticos, evitar los apagones por escasez, reducir las importaciones de hidrocarburos y otros combustibles, y reducir los costos energéticos.

La eficiencia energética como concepto, agrupa acciones que se toman tanto del lado de la oferta como del de la demanda, sin sacrificar el bienestar ni la producción y logrando ahorros en el consumo de energía. Simultáneamente se logran reducciones en las emisiones de gases de efecto invernadero.

El gran aumento de demanda de energía actual, muestran una serie de grandes problemas a escala mundial:

- Afectación grave al medio ambiente.
- Altos costos de energías fósiles.
- Repercusiones sobre las economías.

Por otra parte la dependencia de los combustibles fósiles es una gran problemática mundial la cual se observa en los siguientes porcentajes:

- 80% combustibles fósiles
- 10% biomasa tradicional
- 6% energía nuclear
- 2% hidráulica
- 2% energías renovables

Por tanto, para hacer compatibles las necesidades de energías actuales y futuras, con el medio ambiente y las economías, existen dos líneas de trabajo muy importantes:

- La implantación de energías renovables.
- Un uso más racional, eficiente y consciente de la energía, o lo que es lo mismo, la necesidad de fuertes políticas de Eficiencia Energética.

Es preciso tener presente que la eficiencia energética en su concepción más amplia pretende mantener el servicio que presta, reduciendo al mismo tiempo el consumo de energía. Es decir, se trata de reducir las pérdidas que se generan en toda transformación o proceso, incorporando mejores hábitos de uso y mejores tecnologías.

Por otro lado, la eficiencia energética comprende las acciones más importantes para la reducción del calentamiento global, pues mientras menos energía se utiliza menos producción de contaminantes se emiten al medio ambiente.

#### **4.1. ¿QUÉ ES LA EFICIENCIA ENERGÉTICA?**

Es la reducción de la energía y de las potencias (activa, reactiva y aparente) demandadas al sistema eléctrico sin que afecte a las actividades normales realizadas en edificios, industrias o cualquier proceso de transformación.

Una instalación eléctricamente eficiente permite la reducción de sus costos técnicos y económicos, y la disminución en el impacto ambiental. Por lo tanto es necesario conocer cuan eficientes son las instalaciones, la forma más simple de evaluar la eficiencia de un lugar específico es estableciendo indicadores que se puedan medir, controlar y comparar al transcurrir ciertos periodos de tiempo (semanas, meses o años), los cuales dependen de la actividad que se desea evaluar. Una vez se conoce la eficiencia energética de la instalación es importante tomar medidas para seguir mejorándola.

#### **4.2. ¿COMO SE CONSIGUE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA?**

La eficiencia energética busca un conjunto de acciones que permitan el ahorro de energía en todos sus tipos: eléctrica, térmica, etc. para alcanzar los mayores beneficios en el uso final de la energía con el menor impacto sobre el medio ambiente.

Dichas acciones se pueden llevar a cabo con herramientas como las auditorias energéticas, la caracterización de la energía y la aplicación de sistemas de gestión energética.

#### **4.3. AUDITORÍA ENERGÉTICA.**

Una auditoría energética es el primer paso para determinar cuanta energía se consume en un hogar o negocio, evaluando así las medidas a tomar para hacerlo más eficiente energéticamente, ahorrando gran cantidad de dinero.

Las auditorías energéticas inicialmente se hicieron populares para dar respuestas a la crisis energética de 1973 y años posteriores. El interés en las auditorías energéticas ha aumentado recientemente como resultado de la creciente comprensión del impacto humano sobre el calentamiento global y el cambio climático.

Una nueva tendencia en la arquitectura llamada arquitectura sustentable toma esta técnica como una de sus principales herramientas para obtener datos cuantitativos y no meramente conceptuales en la búsqueda de un hábitat sostenible.

El término auditoría energética es comúnmente utilizado para describir un amplio espectro de estudios energéticos que van desde un rápido paseo a través de un procedimiento para identificar los principales problemas; a un análisis exhaustivo de las implicaciones de otras medidas de eficiencia energética suficientes para satisfacer los criterios financieros solicitados por los inversores. [1]

##### **4.3.1. ¿Qué es una auditoría energética?**

Una auditoría energética es una herramienta sobre la cual se basa un plan estructurado de ahorro energético. En esencia es una revisión del edificio, de los componentes que suministran el confort y de los hábitos que se tienen a la hora de usarlo, con el objetivo de encontrar las oportunidades de mejorar la eficiencia energética.

La auditoría energética es un proceso sistemático mediante el que:

- Se obtiene un conocimiento suficientemente fiable del consumo energético de la empresa o institución.
- Se detectan los factores que más afectan el consumo de energía.
- Se identifican, evalúan y ordenan las distintas oportunidades de ahorro de energía en función de su rentabilidad.

Además, esta implica realizar una labor de recolección de información, análisis, clasificación, propuesta de alternativas, cuantificación de ahorros y toma de decisiones.

Se analizan aspectos como:

- Hábitos de consumo.
- Equipos eléctricos.
- Horarios de trabajo.

Resumiendo lo anterior se describe la auditoría en dos fases:

- Orientación, inspección y recopilación de datos: Durante esta fase se realiza la inspección de las instalaciones en horas de trabajo de la misma para recopilar en detalle los datos que le sean útiles.
- Informe de resultados, recomendaciones y análisis: Durante esta fase se presenta un informe final con los hallazgos de la auditoría con sus respectivas recomendaciones, junto a un análisis económico de los costos estimados de las mejoras recomendadas para los mismos y su impacto económico futuro basado en ahorros una vez realizadas dichas recomendaciones.

En cada edificio se analizan los sistemas con más influencia en el consumo energético, como lo son los motores eléctricos, los centros de cómputo y los sistemas de iluminación.

#### **4.3.2. ¿Por qué es necesaria una auditoría energética?**

Una auditoría energética permitirá identificar los despilfarros de energía y trazar planes para reducir los costos. Los precios de la energía han aumentado en los últimos años y lo seguirán haciendo ¿puede una institución seguir siendo complaciente con estos aumentos, en un mundo cada vez más competitivo? La auditoría ayuda a comprender mejor como se emplea la energía en una empresa y a controlar los costos, identificando las aéreas en las cuales pueden estar ocurriendo despilfarros de energía y en donde es posible hacer mejoras.

#### **4.3.3. Complementos a la auditoría energética**

La empresa o sitio auditado, con base al informe final, que explica y resume toda la auditoría, podría completarla con los siguientes aspectos dándole mayor valor añadido. [1]

#### **4.3.3.1. Diseño de la gestión energética**

- Procedimientos para monitorear los consumos energéticos, como lo son instalar aparatos electrónicos que lleven un control de la energía consumida y su eficiencia.
- Relación con los sistemas de gestión medioambiental, calidad, seguridad e higiene.

#### **4.3.3.2. Implementación de las medidas de ahorro detectadas**

- Sin costo.
  - Mantenimiento periódico de las instalaciones.
  - Capacitación del personal.
- De costo reducido.
  - Capacitación de los usuarios finales.
  - Reducción de los horarios de operación de maquinaria
  - Realizaciones periódicas de inspecciones a las instalaciones
- De costo elevado.
  - Cambio de tecnologías.
  - Asesoramiento con empresas especializadas en el uso racional y eficiente de la energía.

### **4.4. CARACTERIZACIÓN DE LA ENERGÍA**

Es un hecho que muchos de los problemas asociados con energía en una empresa no son de índole técnica, sino que se deben al desconocimiento y a la estructura creada para coordinar los esfuerzos y obtener un sistema sostenible de su uso racional.

El primer paso para abrir el camino hacia el cambio de hábitos sostenibles del uso de la energía, es lo que se denomina Caracterización de la Energía. El paso siguiente para llevar a la empresa a un mejor nivel de eficiencia es la implementación de un Sistema de Gestión Energética (SGE).

#### **4.4.1. ¿Qué es la caracterización de la energía?**

La caracterización de la energía es un procedimiento de análisis cualitativo y cuantitativo que permite evaluar la eficiencia con la cual una empresa determinada administra y usa todos sus tipos de energía. También, es el paso previo para implementar un sistema de gestión energética.

#### **4.4.2. ¿Para qué sirve la caracterización energética?**

Los procedimientos de análisis cualitativo sirven para conocer las debilidades del sistema de administración energética que posee la empresa, entiéndase por sistema de administración energética los procedimientos y procesos relacionados con la planificación, compra, almacenamiento, transformación, distribución control y uso final de la energía.

Los procedimientos cuantitativos se utilizan para conocer los niveles de eficiencia, de pérdidas, los lugares donde se producen estas últimas y los potenciales de su reducción sin implementar nuevas tecnologías. También permiten identificar los índices de eficiencia, las metas de reducción de pérdidas y los gráficos de control diario y mensual, como herramientas de gerencia para evaluar la gestión administrativa en los cambios de hábitos de uso final.

#### **4.4.3. ¿Qué se requiere para realizar la caracterización de la energía?**

Una de las mayores ventajas de los procedimientos establecidos en la caracterización energética es que a partir de muy poca información se obtienen conclusiones justificadas técnicamente muy importantes y hasta el momento desconocidas para los directivos.

Para una caracterización energética se requiere la siguiente información disponible en cualquier empresa:

- Consumos energéticos mensuales por facturas de los últimos 2 años.
- Hábitos de uso y de consumo de energía.
- Disponibilidad en las instalaciones para la toma de muestras.
- Último censo de carga eléctrica de los equipos que posee la empresa.
- Personal capacitado para realizar dichas inspecciones.

Los últimos ítems citados son los únicos que pueden requerir ayuda externa a la empresa y en caso de ser omitidos pueden ser suplantados por otros métodos complementarios de análisis.



#### **4.5. SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA**

El desarrollo actual de la ingeniería y sus miles de aplicaciones en una economía abierta y globalizada, requiere de acciones encaminadas a reducir costos y aumentar la competitividad. En la actualidad las empresas han visto como los energéticos han pasado de ser un factor marginal en su estructura de costos a constituirse en un eje importante en los mismos, a la vez que, la necesidad de lograr un mayor equilibrio entre economía y medio ambiente, han convertido al ahorro y uso eficiente de la energía en una herramienta fundamental para lograr este objetivo, manteniendo el nivel de rentabilidad empresarial.

Hasta el momento el problema de explotar el recurso eficiencia energética se ha efectuado de una forma muy limitada, fundamentalmente mediante la realización de diagnósticos energéticos para detectar las fuentes y niveles de pérdidas, y posteriormente definir medidas o proyectos de ahorro o conservación energética. Esta vía, además de obviar partes de las causas que provocan baja eficiencia energética en las empresas, generalmente tiene baja efectividad por realizarse muchas veces sin la integralidad, los procedimientos y los equipos requeridos, por limitaciones financieras para aplicar los proyectos, pero sobre todo, por no contar la empresa con la cultura ni con las capacidades necesarias para realizar el seguimiento y control requerido y lograr un adecuado nivel de consolidación de las medidas aplicadas.

Lo más importante para lograr la eficiencia energética en una empresa no es sólo que exista un plan de ahorro de energía, sino contar con un sistema de gestión energética que garantice el mejoramiento continuo. Es más importante un sistema continuo de identificación de oportunidades que la detección de una oportunidad aislada. [8]

##### **4.5.1. ¿Qué es gestión energética?**

La gestión energética puede concebirse como un esfuerzo organizado y estructurado para conseguir la máxima eficiencia en el suministro, conversión y utilización de los recursos energéticos. Esto es lograr un uso más racional de la energía, que permita reducir el consumo de la misma sin perjudicar la comodidad, de un modo general, sin reducir el nivel de eficiencia. Puede considerarse como el mejor de los caminos para conseguir los objetivos de conservación de energía y medio ambiente, tanto desde el punto de vista de la propia empresa como a nivel nacional.

#### 4.5.2. Objetivos de la gestión energética

El objetivo fundamental de la gestión energética es sacar el mayor aprovechamiento posible a las cantidades de energía que la empresa necesita. Este planteamiento general cubre otros objetivos más específicos.

- Optimizar la calidad de las energías disponibles.
- Conseguir, de modo inmediato, los ahorros que no requieren inversión apreciable ya que en estos existen importantes posibilidades de ahorros energéticos.
- Lograr los ahorros posibles con inversiones rentables. Demostrando que se pueden realizar importantes mejoras que se paguen con el ahorro que generan ellas mismas.

#### 4.5.3. Funciones de la gestión energética

Para alcanzar las metas establecidas por la gestión energética, esta deberá responder a unas determinadas funciones, que tendrán que implantarse relacionadas con las funciones de la empresa.

- **Aprovisionamiento:** comprende la elección de la fuente de energía, las negociaciones con los proveedores, almacenamiento y distribución.
- **Análisis energético:** cabe establecer dos tipos de análisis energético, uno de control de consumo y otro de auditoría o diagnóstico. Lo primero que se necesita para establecer un plan de ahorro de energía es saber qué, cómo, dónde y cuánto se consume. Para ello es necesario implantar un sistema de contabilidad energética que permita conocer los consumos de cada fuente de energía en cada uno de los centros de consumo.

Para conocer la situación energética de los diferentes equipos y operaciones básicas, es necesario realizar una auditoría energética en profundidad que permita conocer los consumos instantáneos, pérdidas, rendimientos energéticos, estado de equipos, etc.

- **Programa de ahorro de energía:** a partir de los datos obtenidos por el análisis anterior, sería posible establecer un amplio plan de ahorro que considere en primer lugar las mejoras que no requieren de inversión apreciable: capacitación del personal, mantenimiento periódico, etc. En segundo lugar, aquellas que necesiten inversiones: modificación de equipos, innovaciones tecnológicas que cambien los procesos y la optimización e integración de los mismos. [8]

Para poder implementar un sistema de gestión energética es necesario crear un comité de ahorro de energía, el cual se encargará de elaborar un plan de ahorro, definir los programas de acción y controlar el cumplimiento de los mismos.

## 5. EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS EDIFICIOS DE MECÁNICA E INDUSTRIAL

El estudio de la eficiencia energética en los edificios de Mecánica e Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira, se llevó a cabo siguiendo los lineamientos planteados en Capítulo 4, como lo son auditoría, caracterización y sistema de gestión energética.

### 5.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS EDIFICIOS DE MECÁNICA E INDUSTRIAL

La caracterización de los edificios de Mecánica e Industrial se realizó utilizando el analizador de calidad de energía Topas 1000, el cual se instaló en las subestaciones de Mecánica e Industrial para tomar las medidas correspondientes.

**Tabla 3. Conexión entre el TOPAS 1000 y las fases de la subestación**

FASES DE LA SUBESTACIÓN	CANALES ANALIZADOR	
	Tensión	Corriente
Fase I	1	5
Fase II	2	6
Fase III	3	7
Neutro	4	8

#### 5.1.1. Caracterización del edificio de Mecánica

El analizador TOPAS 1000 fue instalado en la subestación eléctrica del edificio de Mecánica durante el periodo de medición que empezó el miércoles 4 de julio de 2007 a partir de las 9:30 a.m. y finalizó el mismo día a las 5:30 p.m. [17]

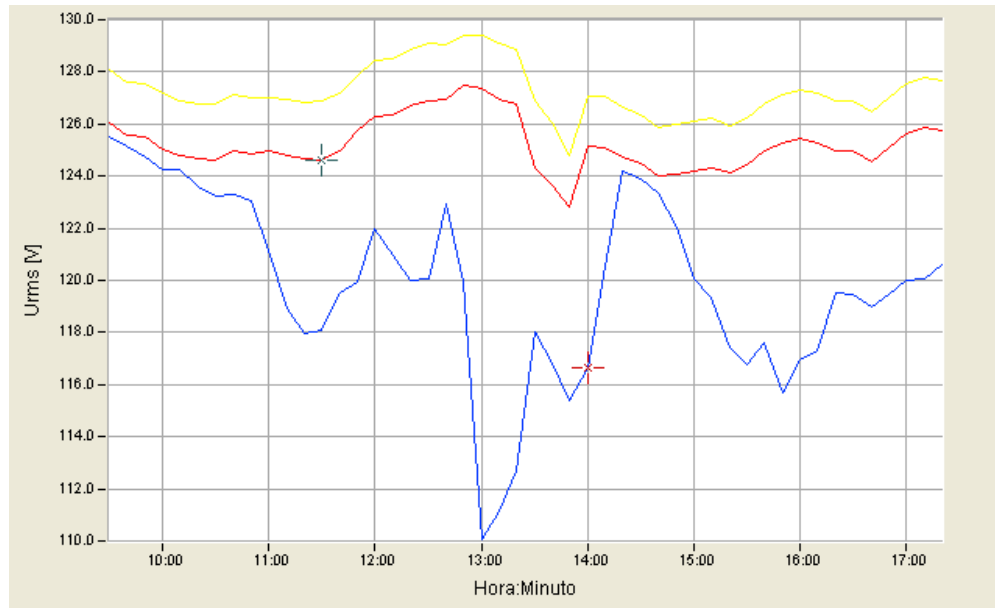
Se analizaron los siguientes parámetros:

##### 5.1.1.1. Tensión

- La tensión en las fases F1, F2 y F3 permaneció entre el 90% y el 110% de la tensión nominal (de acuerdo con la resolución CREG 024-2005).

- La máxima tensión instantánea en las fases F1, F2 y F3 fue de 134,07 V, 126,69 V y 131,76 V, respectivamente.
- La fase F2 presenta un valor mínimo de 110 V, aunque bajo no pasa el límite inferior dado por la norma.

**Figura 18. Voltajes de fase promedio del edificio de Mecánica**



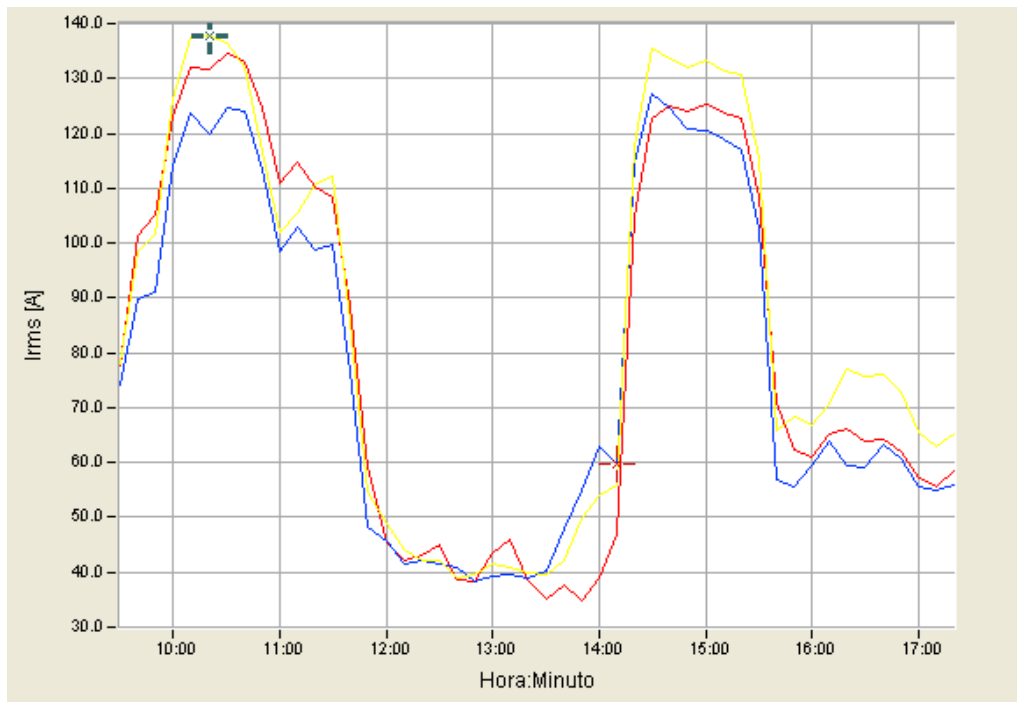
En la Figura 18, se observa claramente que la fase F1 presenta un decrecimiento en su tensión.

#### 5.1.1.2. Corriente

- Los valores máximos de corriente promedio fueron de 138,82 A, 127,21 A, 134,58 A en las fases F1, F2 y F3 respectivamente, notándose la fase F1 como la más cargada y la fase F2 como la menos cargada.
- Las corrientes máximas instantáneas en las fases F1, F2 y F3 fueron 244,84 A, 261,24 A y 268,15 A, respectivamente.
- Se puede observar que la corriente tiene un comportamiento similar durante ciertas horas de cada día.

En la Figura 19, se aprecian las corrientes promedio medidas en el edificio de Mecánica.

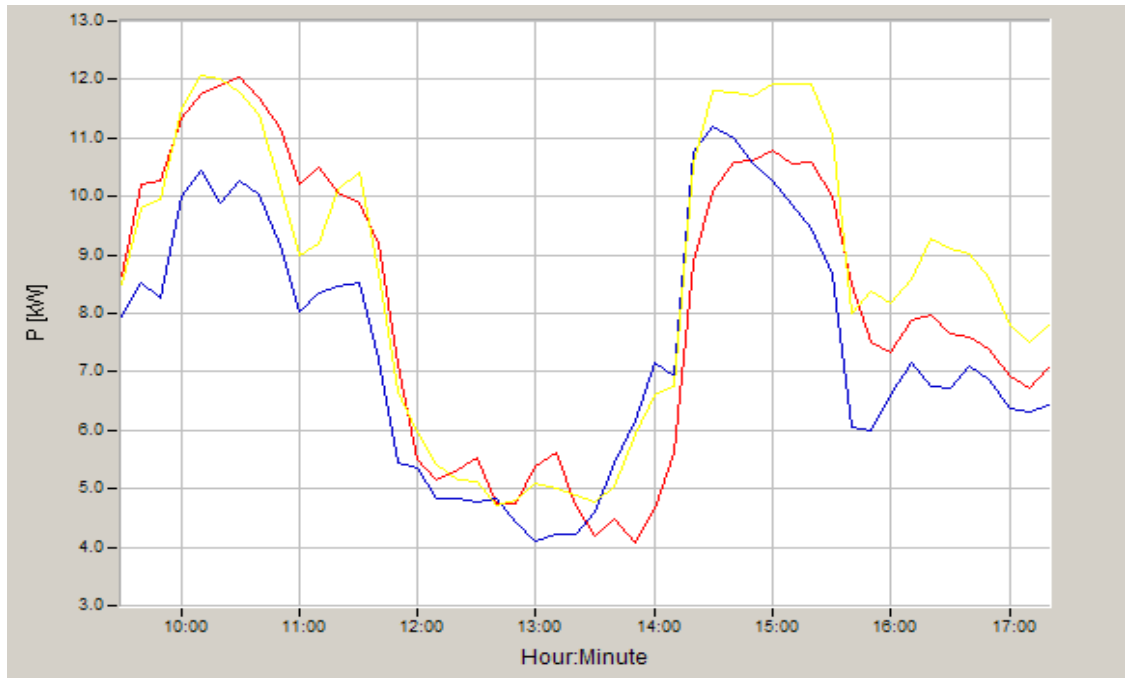
**Figura 19. Corrientes de fase promedio del edificio de Mecánica**



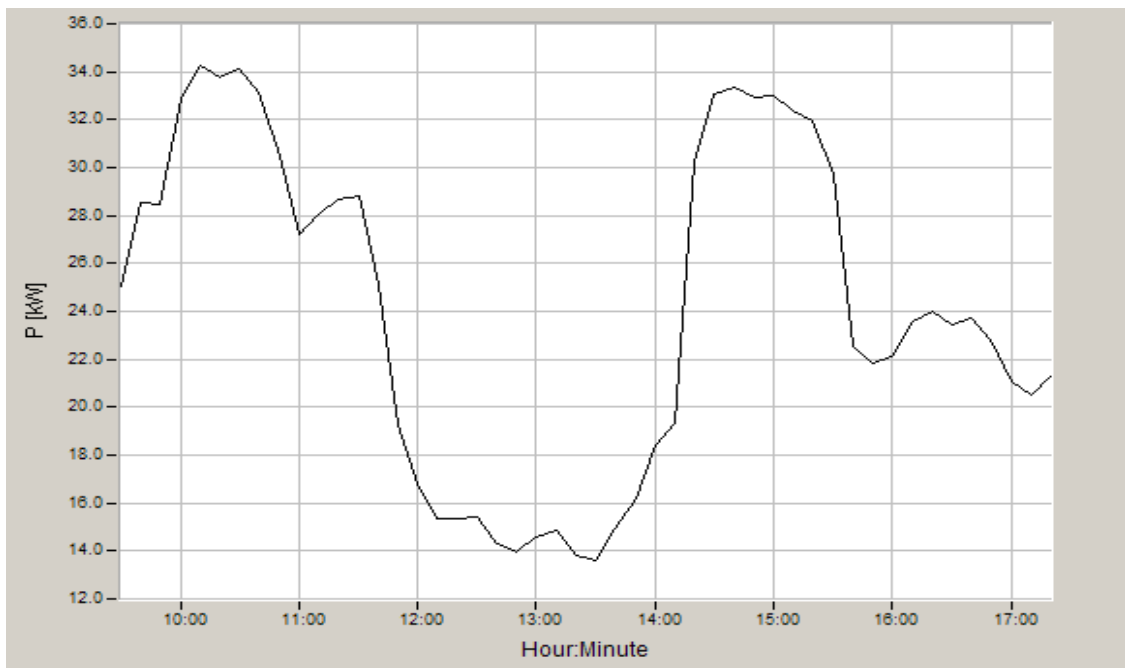
#### **5.1.1.3. Potencias**

- La potencia activa promedio tuvo valores máximos de 12,032 kW, este valor fue similar en las horas de la mañana como en las de la tarde. En el intervalo de tiempo desde las 12:00 m. hasta las 2:00 p.m. ninguna de las máquinas estuvo funcionando, el valor de la potencia activa promedio fue de alrededor de las 4,5 kW. El consumo fue similar para las tres fases (ver Figura 20).
- La suma de la potencia activa promedio en las tres fases, arrojó valores máximos de hasta 34,261 kW y valores mínimos de 13,572 kW (ver Figura 21).
- La potencia reactiva tuvo un comportamiento inductivo en la medida de las tres fases con valores hasta de 12,556 kVAR en la fase F1, 11,361 kVAR en la fase F2 y 11,657 kVAR en la fase F3. El periodo medición que comprendió entre las 12:00 m. a 2:00 p.m. tuvo un consumo de energía reactiva alrededor de 500 VAR (ver Figura 22)
- La potencia aparente promedio por fases no superó los 17 kVA en ninguna de sus fases. (ver Figura 23)

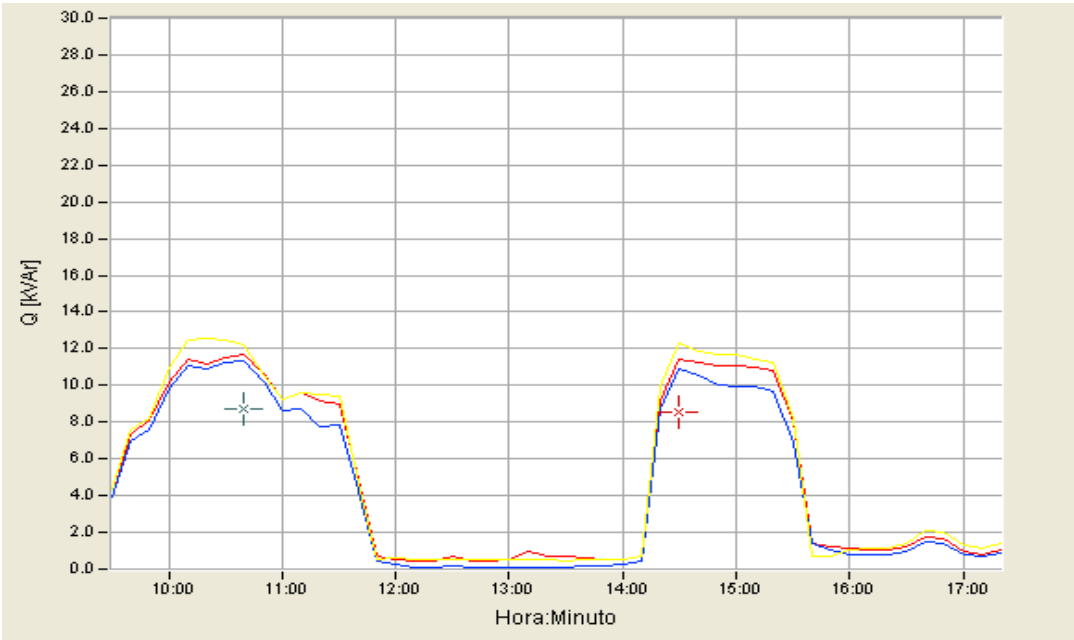
**Figura 20. Potencia activa por fase del edificio de Industrial**



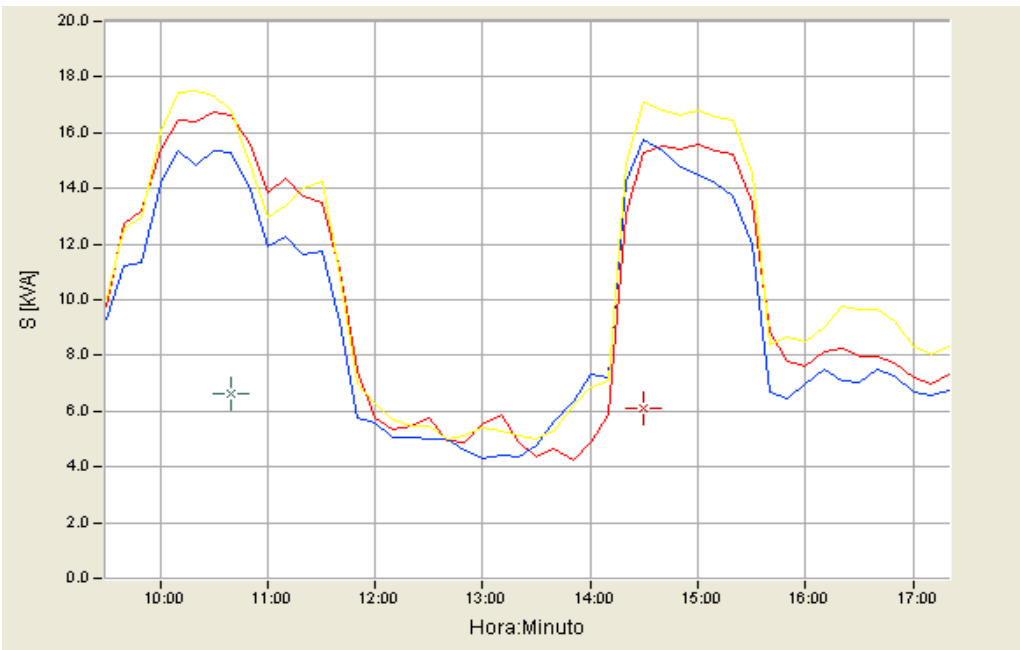
**Figura 21. Potencia activa trifásica promedio del edificio de Mecánica**



**Figura 22. Potencia reactiva promedio del edificio de Mecánica**



**Figura 23. Potencia aparente promedio del edificio de Mecánica**



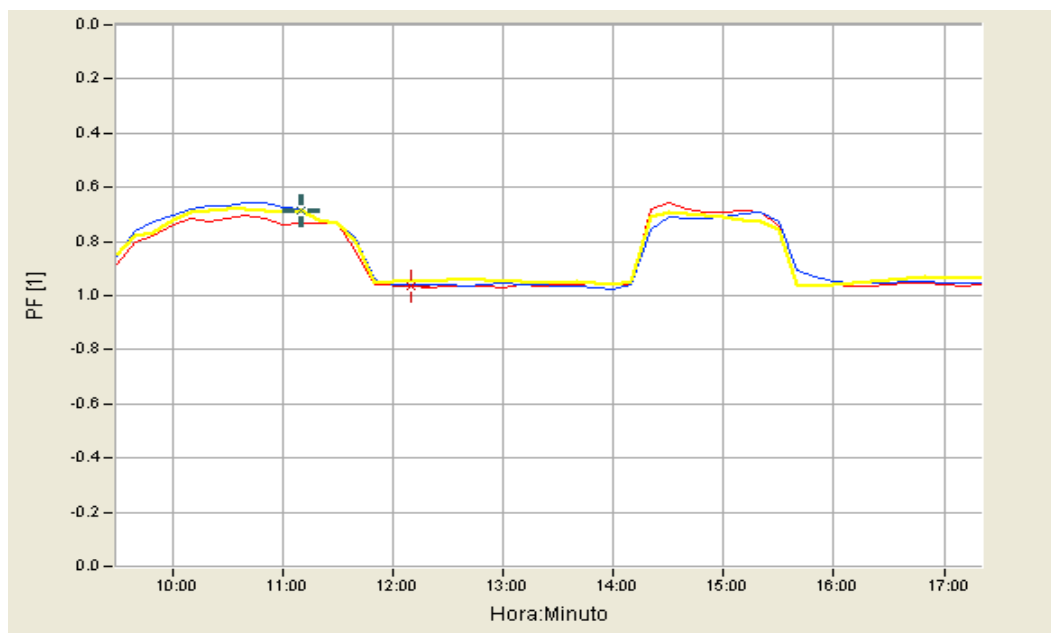


#### 5.1.1.4. Factor de potencia

Según la reglamentación vigente, el factor de potencia de un usuario debe ser superior a 0,9 en atraso.

- La medida permite observar que en el momento en que las máquinas están encendidas el factor de potencia en las tres fases decrece hasta llegar a valores de 0,679 en atraso en la fase F1, 0,656 en la fase F2, y 0,66 en la fase F3. Para las tres fases, en el momento en que se encuentran apagadas las máquinas, se tiene un valor alrededor de 0,95 en atraso (ver Figura 24).
- El factor de potencia total muestra un decrecimiento de su valor en el momento en que las máquinas se encuentran funcionando y alcanza valores tan bajos como 0,68 en atraso. En el momento en que las máquinas dejan de funcionar el factor de potencia total se estabiliza en un valor de 0,95 en atraso.

**Figura 24. Factor de potencia para el edificio de Mecánica**



#### 5.1.2. Caracterización del edificio de Industrial

El analizador TOPAS 1000 fue instalado en la subestación eléctrica del edificio de Industrial durante el periodo de medición que empezó el Viernes 23 de Febrero de

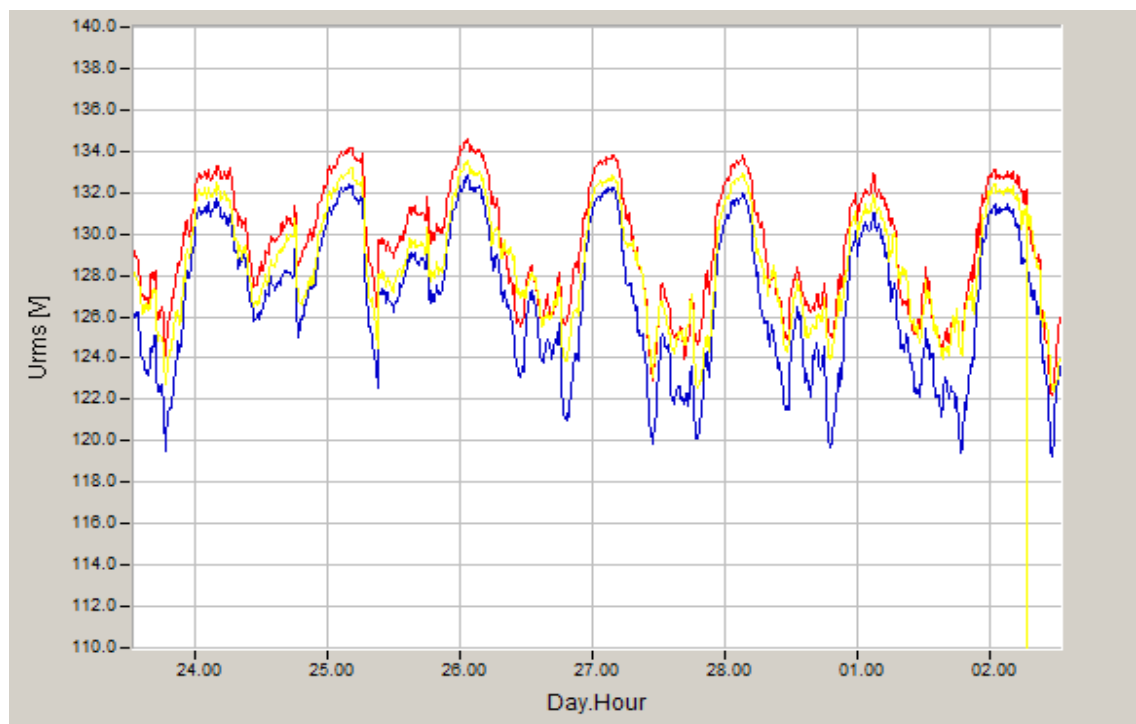
2007 a partir de las 1:00 p.m. y finalizó el día viernes 3 de Marzo del 2007 a las 1:00 p.m. [17]

Se analizaron los siguientes parámetros:

#### 5.1.2.1. Tensión

- La tensión en la fase F3 tuvo no permaneció entre el 90% y el 110% de su valor nominal (de acuerdo con la resolución CREG 024-2005).
- La tensión en las fases F1 y F2 permaneció entre el 90% y el 110% de la tensión nominal (de acuerdo con la resolución CREG 024-2005).
- La máxima tensión promedio en las fases F1, F2 y F3 fue de 133,99 V, 132,82 V y 134,61 V, respectivamente.
- Los valores máximos instantáneos de tensión en las fases F1, F2 y F3 fueron 152,49 V, 133,21 V, 134,94 V, respectivamente.

**Figura 25. Voltajes de fase promedio del edificio de Industrial**



En la Figura 25, se observa claramente que la fase F3 (Rojo) presenta un pequeño sobre voltaje.

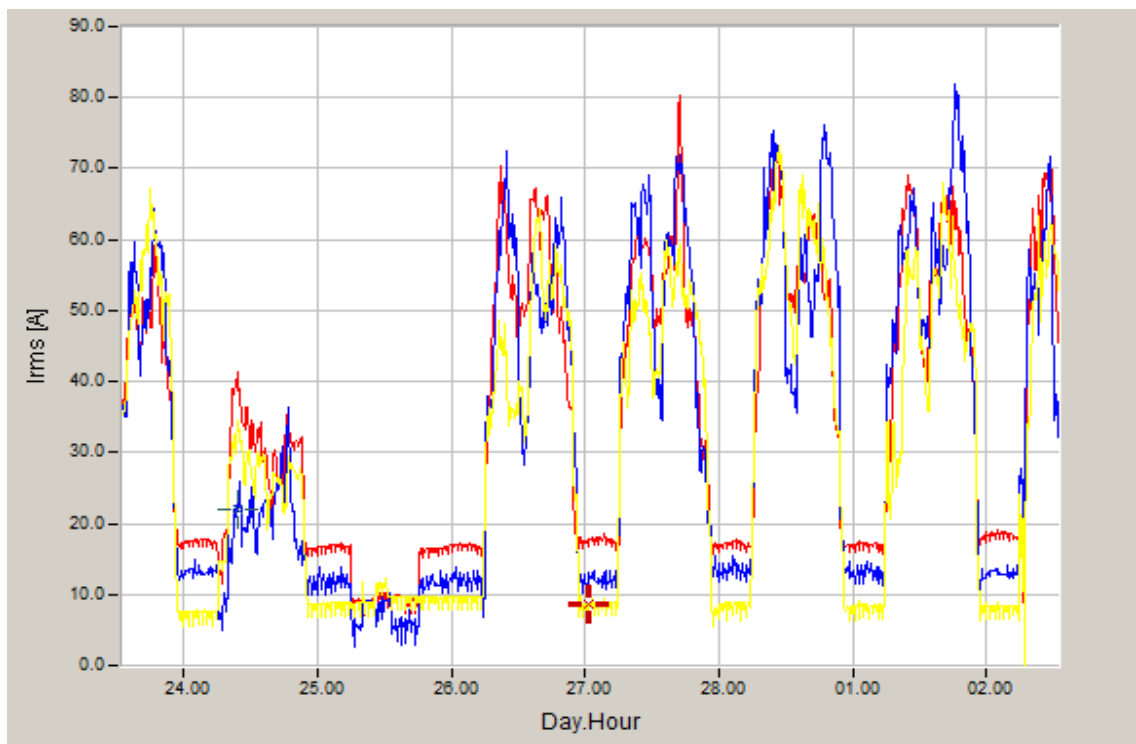
### 5.1.2.2. Corriente

- Los valores máximos de corriente promedio fueron de 73,15 A, 81,88 A, 80,19 A en las fases F1, F2 y F3 respectivamente, notándose la fase F2 como la más cargada y la fase F1 como la menos cargada.
- Las corrientes máximas instantáneas en las fases F1, F2 y F3 fueron 260,70 A, 328,78 A, 248,27 A, respectivamente.
- Las corrientes mínimas instantáneas en las fases F1, F2 y F3 fueron 4,6 A, 1,39 A y 4,67 A.

En la Figura 26, se aprecian las corrientes promedio medidas en el edificio de Industrial.

Además se puede observar que la corriente tiene un comportamiento similar durante ciertas horas de cada día.

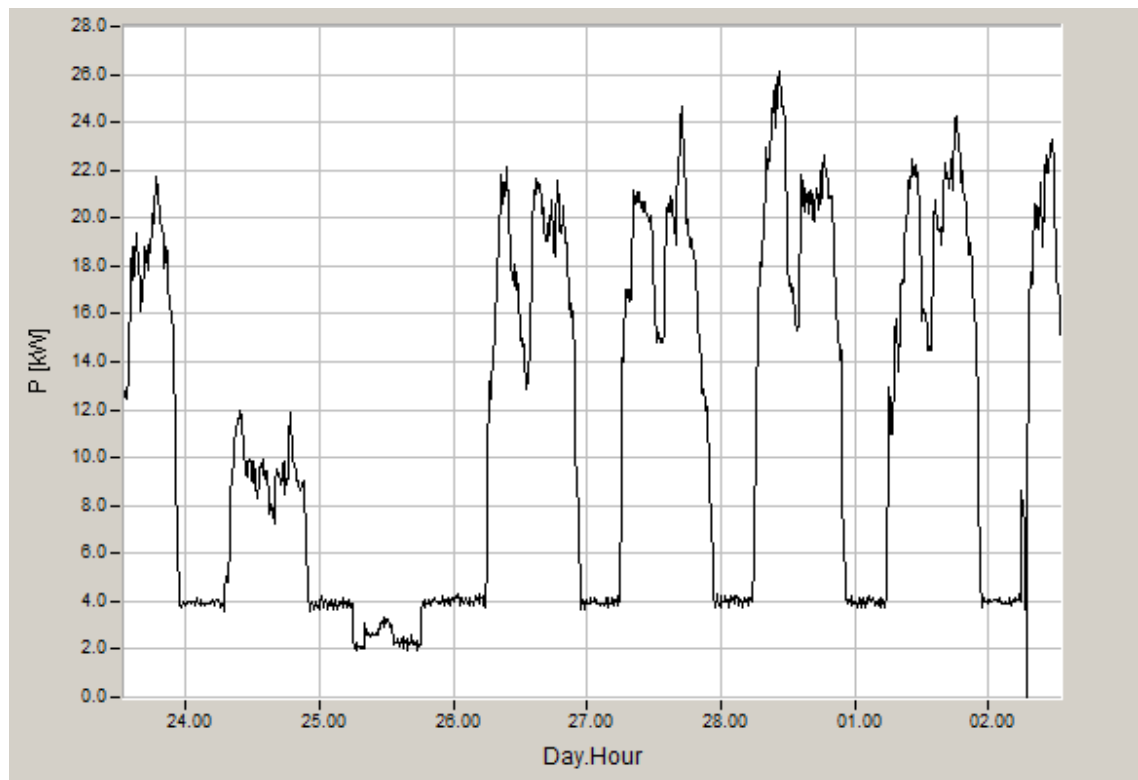
**Figura 26. Corrientes de fase promedio del edificio de Industrial**



### 5.1.2.3. Potencias

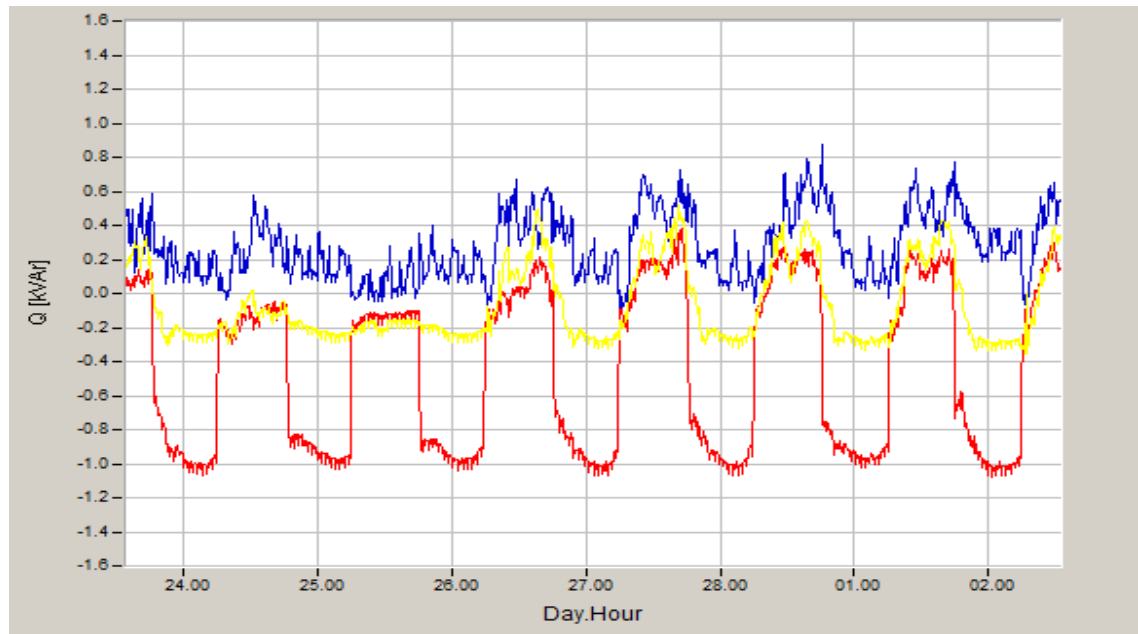
- La potencia activa promedio trifásica, arrojó valores máximos de 26,1 kW y valores mínimos de 2 kW, como se observa en la siguiente figura.

**Figura 27. Potencia activa en el edificio de Industrial**

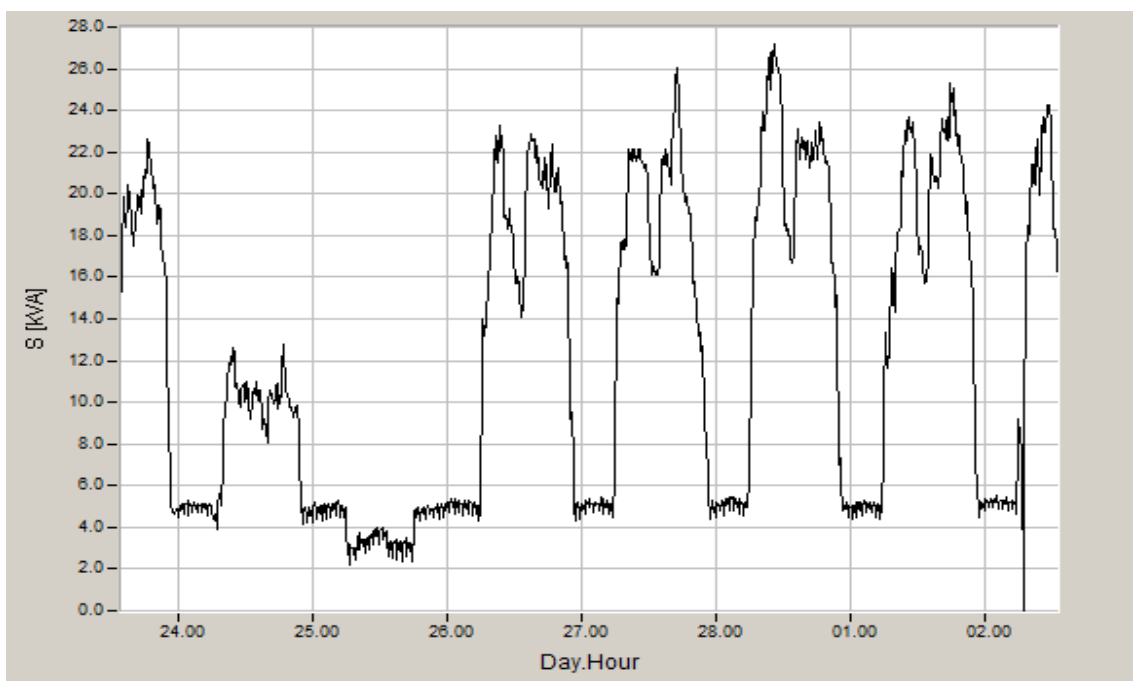


- La potencia reactiva trifásica tuvo valores promedio máximos de 1,52 kVAR y valores máximos instantáneos de 55,79 kVAR. Se observa un comportamiento muy inductivo en la fase F2, mientras que en las fases F1 y F3 tienen un comportamiento capacitivo (ver Figura 28)
- Los valores máximos instantáneos fueron de 108 kVA. En la medida, la potencia aparente total promedio alcanzó valores de hasta 27,15 kVA (ver Figura 29)

**Figura 28. Potencia reactiva por fase en el edificio de Industrial**



**Figura 29. Potencia aparente trifásica del edificio de Industrial**



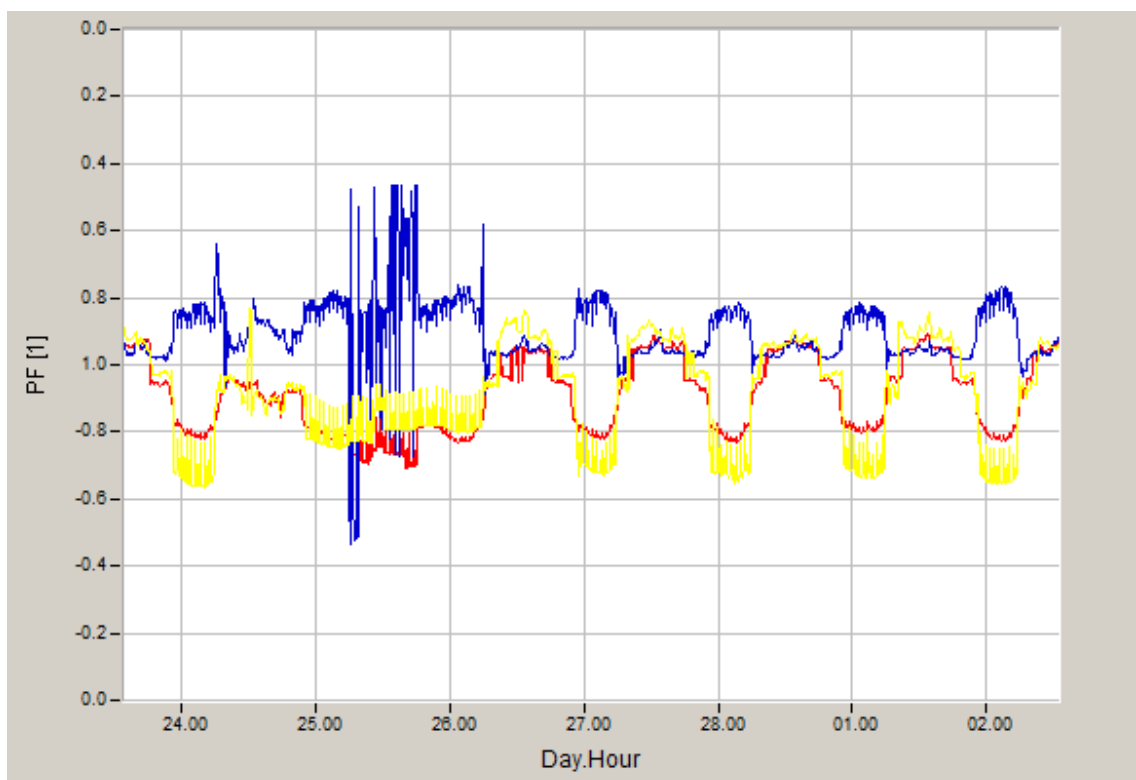
#### 5.1.2.4. Factor de potencia

Según la reglamentación vigente, el factor de potencia de un usuario debe ser superior a 0,9 en atraso.

- La medida permite observar el factor de potencia en las tres fases, la fase F1 tiene un valor promedio de -0,7, la fase F2 tiene un valor promedio de 0,8 y la fase F3 tiene un valor promedio de -0,9.
- Se puede apreciar que la fase F2, tiene una carga que tiene un comportamiento resistivo ya que su factor de potencia tiene valores muy cercanos a 1.
- El comportamiento del factor de potencia en las tres fases es muy fluctuante.

Las observaciones anteriores se puede observar en la Figura 30.

**Figura 30. Factor de potencia para el edificio de Industrial**



## 5.2. INVENTARIO DE EQUIPOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS

El primer paso que se llevó a cabo fue la realización de un pequeño inventario, con la cual se logró la recolección de datos en cada uno de los edificios, obteniéndose los resultados que se presentan a continuación.

### 5.2.1. Inventario de equipos en el edificio de Mecánica

**Tabla 4. Equipos del taller**

ELEMENTO	VOLTAJE	CORRIENTE	POTENCIA	# DE FASES
TORNO REVOLVER(2)	220 V	26 A	7,8 kW	3φ
TORNO PARALELO (5)	220 V	25 A	5,5 kW	3φ
CEPILLO	220 V	35 A	5-6 kW	3φ
MOTOR	220 V	2-3,5 A	0,7 kW	3φ
MOTOR DE INDUCCIÓN	440 V	0,91 A	0,09 kW	3φ
	220 V	0,45 A	0,09 kW	3φ
TALADRO	380 V	3,5 A	2,1 kW	3φ
TALADRO	380 V	5,2 A	3 kW	3φ
TALADRO	220 V	20 A	2,75 kW	3φ
ESMERIL	220/380 V	2,1/3,6 A	0,75 kW	1φ
INYECTORA	220 V	3.6 A	0,75 kW	1φ
MANDRILADORA	220 V	20 A	8 kW	3φ
FRESADORA GENERADORA	220 V	35 A	8,5 kW	1φ
TORNO AUTOMÁTICO	220/380 V	6,9/11,9 A	3 kW	3φ
RECTIFICADORA	220/380 V	8,4/14,5 A	4 kW	3φ
CIZALLA	220 V	32 A	9 kW	3φ
TROQUELADORA	220 V	8.8 A	2,2 kW	3φ

**Tabla 5. Cantidad de equipos de oficina en el edificio de Mecánica**

EQUIPOS DE OFICINA	
COMPUTADORES	75
IMPRESORAS	30

**Tabla 6. Iluminación en el edificio de Mecánica**

<b>MECÁNICA</b>			
	<b>INCANDESCENTES</b>	<b>FLUORESCENTES</b>	<b>TOTAL</b>
SÓTANO	12	17	29
PRIMER PISO	19	98	117
SEGUNDO PISO	3	155	158
<b>TOTAL</b>	<b>34</b>	<b>270</b>	<b>304</b>

### 5.2.2. Inventario de equipos en el edificio de Industrial

**Tabla 7. Cantidad de equipos de oficina en el edificio de Industrial**

<b>EQUIPOS DE OFICINA</b>	
COMPUTADORES	108
IMPRESORAS	12

**Tabla 8. Iluminación en el edificio de Industrial**

<b>INDUSTRIAL</b>			
	<b>INCANDESCENTES</b>	<b>FLUORESCENTES</b>	<b>TOTAL</b>
PRIMER PISO	1	45	46
SEGUNDO PISO	1	83	84
TERCER PISO	4	80	84
CUARTO PISO	4	87	91
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>295</b>	<b>305</b>

### 5.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS EQUIPOS

La caracterización de los equipos que se utilizan en las diferentes dependencias del edificio de Mecánica e Industrial se llevó a cabo utilizando el analizador FLUKE 43B con el cual se tomaron las medidas de señales eléctricas como voltaje, corriente, potencias activa, reactiva y aparente, variaciones de voltaje y corriente, armónicos, etc.



### 5.3.1. Equipos de cómputo

Se estudió el comportamiento de dos tipos de monitores y también de dos equipos de cómputo formados por cada uno de estos monitores.

Los monitores son una de las partes más importantes del computador, es por esto que es de vital importancia conocer su consumo y las formas de realizar un ahorro de energía. A continuación se muestran los parámetros eléctricos principales de cada uno de ellos.

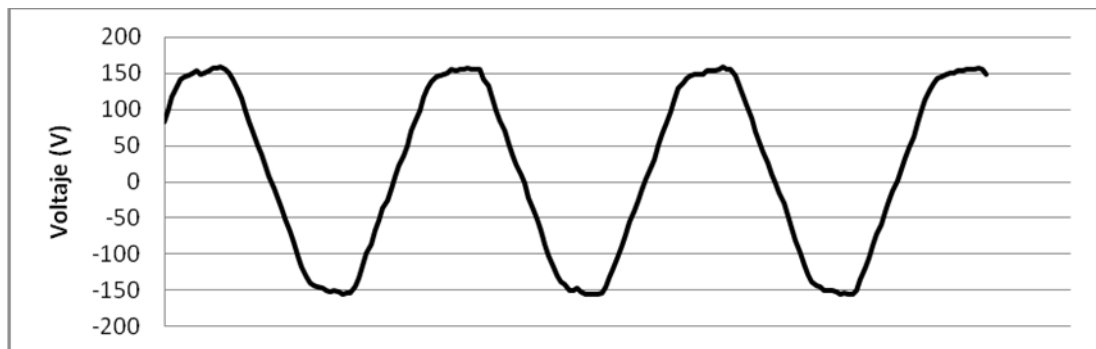
#### 5.3.1.1. Monitor de tubos de rayos catódicos (CRT)

Este tipo de monitor es el más utilizado en la actualidad, pero a su vez es uno de los componentes que más energía consume. Se conoce por sus siglas en ingles CRT (Cathode Ray Tube).

**Figura 31. Monitor de tubos de rayos catódicos**

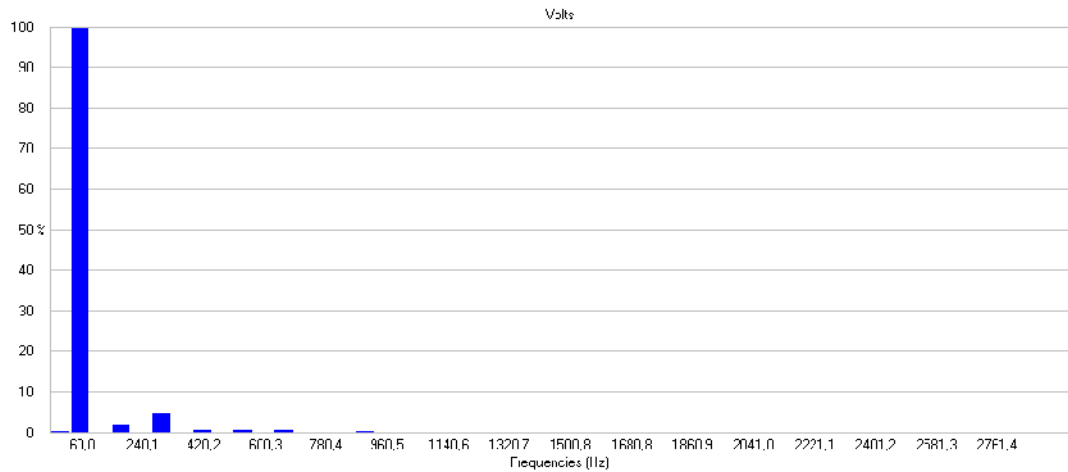


**Figura 32. Onda de voltaje de un monitor CRT**



La onda de voltaje vista en la Figura 32, no es una onda sinusoidal pura ya que presenta una deformación en sus valores picos. A continuación se muestran los armónicos presentes en este tipo de monitor (ver Figura 33)

**Figura 33. Espectro armónico de voltaje de un monitor de CRT**



**Tabla 9. Armónicos de voltaje de un monitor CRT**

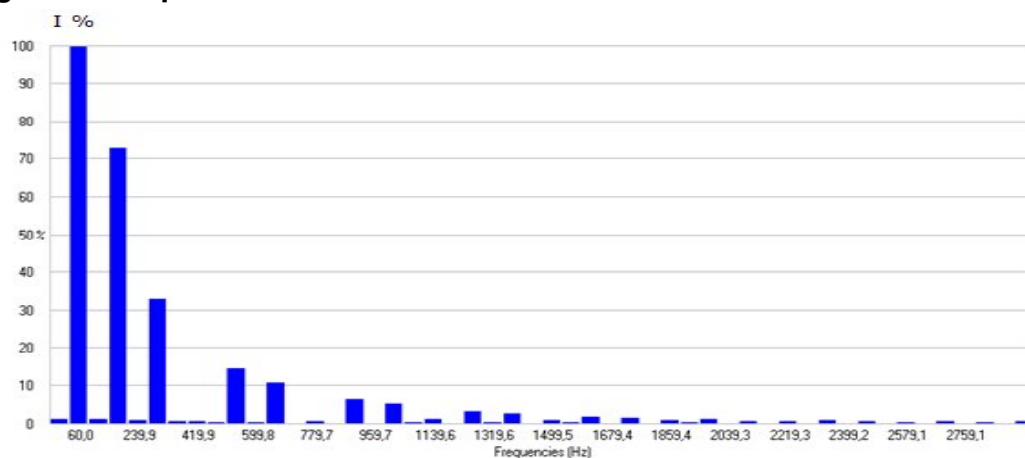
Frecuencia	Orden	% de Voltaje
60	1	100
180	3	2
300	5	5

**Figura 34. Onda de corriente de un monitor CRT**



La forma de onda presentada en la Figura 34, muestra que esta tiene una distorsión debido a la cantidad de componentes armónicas.

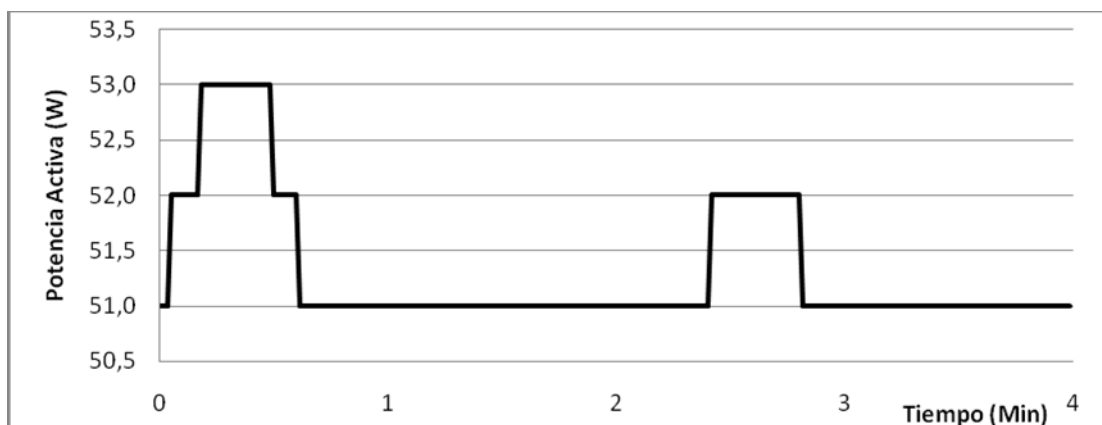
**Figura 35. Espectro armónicos de corriente de un monitor CRT**



**Tabla 10. Armónicos de corriente en un monitor de CRT**

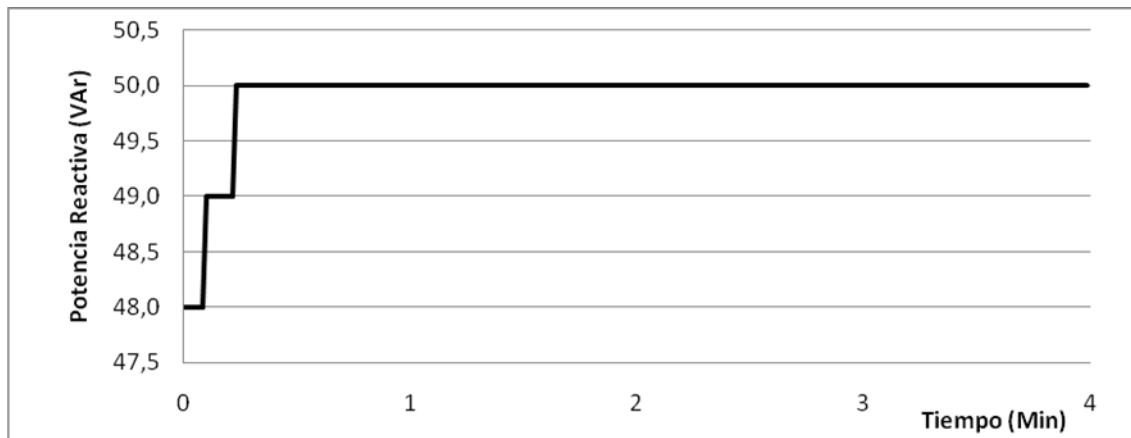
Frecuencia	Orden	% de corriente
60	1	100
180	3	72
300	5	33
540	9	16
660	11	11
900	15	7
1020	17	6
1140	19	2
1260	21	4

**Figura 36. Consumo de potencia activa de un monitor CRT**



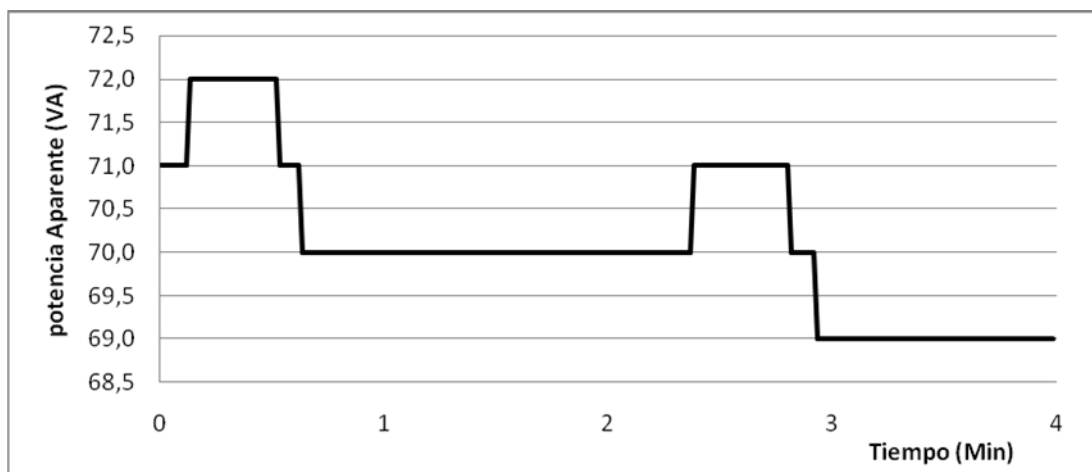
Se puede decir que el consumo de potencia activa en este tipo de monitor es constante (ver Figura 36). Esta potencia varía entre 51 W y 53 W.

**Figura 37. Potencia reactiva de un monitor CRT**



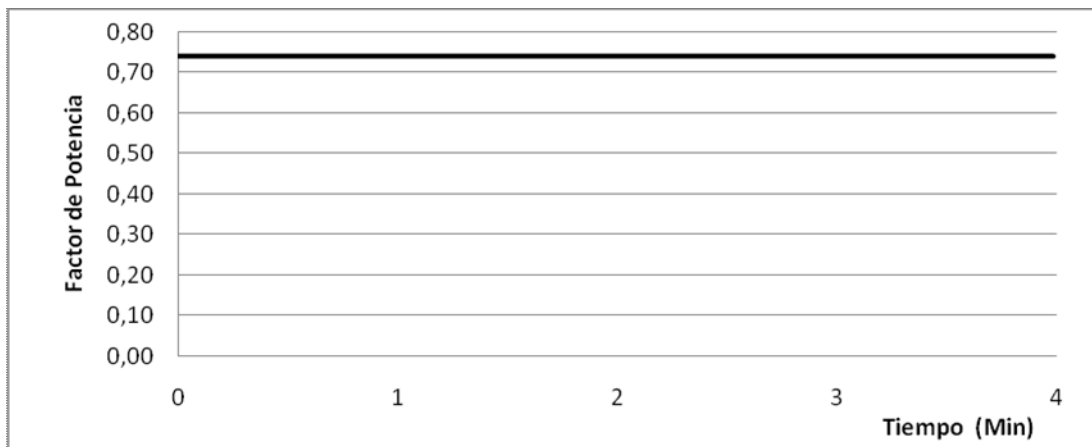
Al igual que en la Figura 36, la potencia reactiva no presenta grandes cambios en su comportamiento a lo largo del ciclo de trabajo. Además varía entre 48 VAR y 50 VAR.

**Figura 38. Potencia aparente de un monitor de CRT**



La potencia aparente de un monitor de CRT es constante y tiene valores entre 69 VA y 70 VA (ver Figura 38).

**Figura 39. Factor de potencia de un monitor CRT**



El factor de potencia permanece constante a lo largo del tiempo en un valor de 0,74 en atraso (Figura 39).

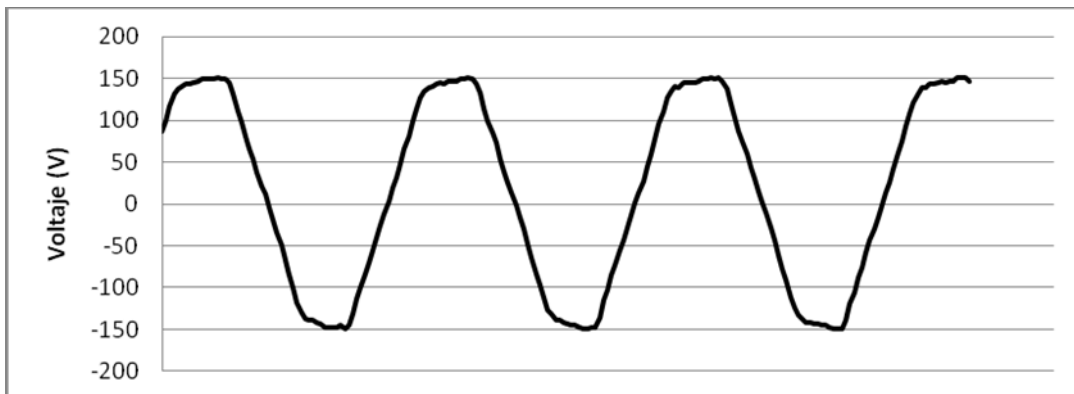
#### **5.3.1.2. Monitor de LCD**

Este tipo de monitores está empezando a posicionarse en los mercados, debido a su tamaño, su resolución y el ahorro energético respecto al monitor de rayos catódicos.

**Figura 40. Monitor de LCD**

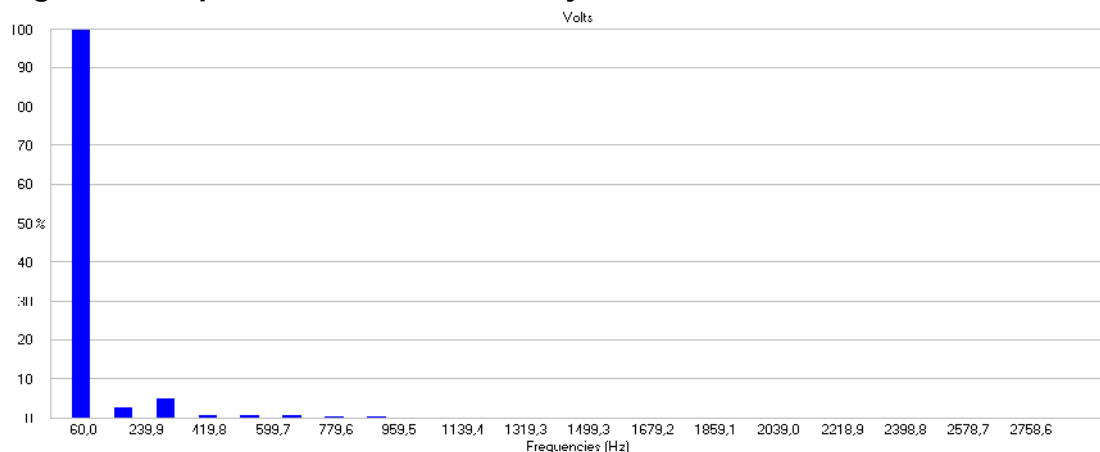


**Figura 41. Onda de voltaje de un monitor de LCD**



Se observa una señal sinusoidal un poco más pura, solo se aprecian unas pequeñas deformaciones.

**Figura 42. Espectro armónico de voltaje de un monitor LCD**



Se puede apreciar que existen pocas corrientes armónicas (Figura 42), y son casi iguales que las que están presentes en el monitor de CRT.

**Tabla 11. Armónicos de voltaje de un monitor de LCD**

Frecuencia	Orden	% de Voltaje
60	1	100
180	3	3
300	5	6

**Figura 43. Onda de corriente de un monitor de LCD**



En esta Figura 43, se aprecia una gran distorsión en la onda debido a las componentes armónicas, que se pueden apreciar en la Figura 44).

**Figura 44. Espectro armónico de corriente de un monitor de LCD**



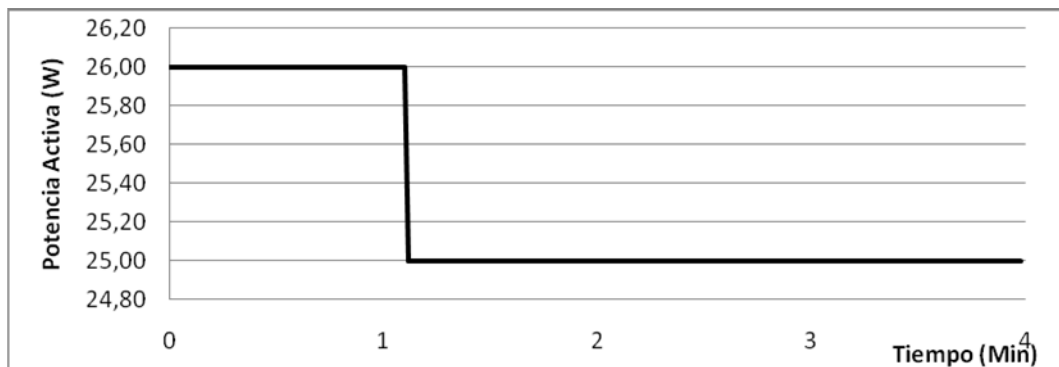
**Tabla 12. Armónicos de corriente de un monitor de LCD**

Frecuencia	Orden	% de corriente
60	1	100
180	3	70
300	5	38
420	7	5
540	9	17
660	11	8

Frecuencia	Orden	% de corriente
780	13	5
900	15	9
1020	17	3
1140	19	3
1260	21	5

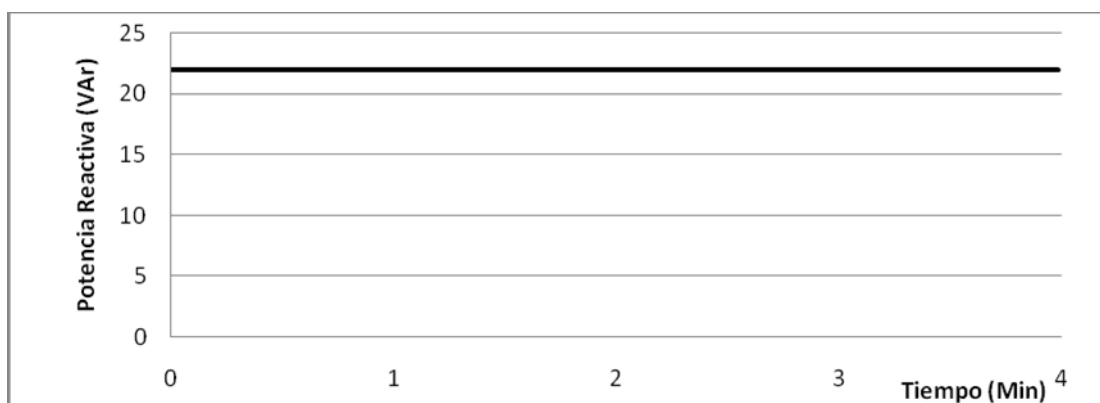
Las componentes armónicas de un monitor de LCD son bastante similares a las de un monitor CRT.

**Figura 45. Potencia activa de un monitor de LCD**



El consumo de potencia de este tipo de monitor es constante y varía entre 25 W y 26 W ( Figura 45), la cual es la mitad de la potencia consumida por un monitor CRT (Figura 36).

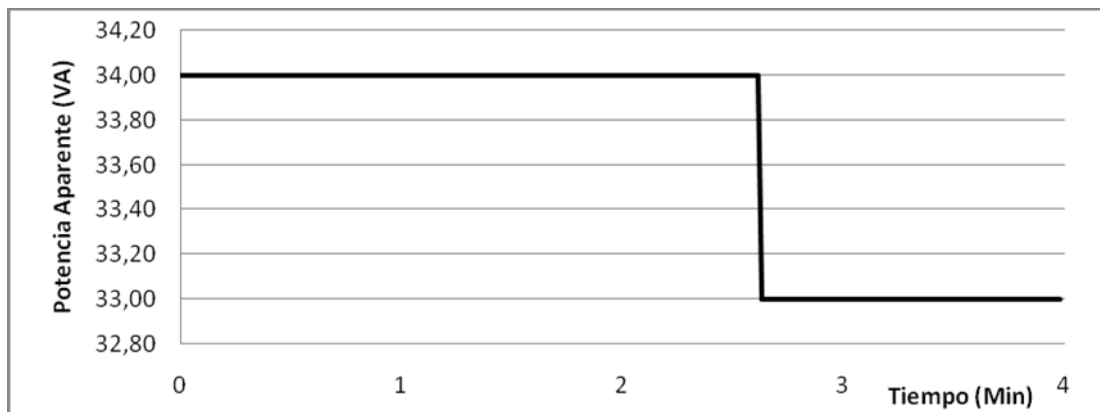
**Figura 46. Potencia reactiva de un monitor de LCD**





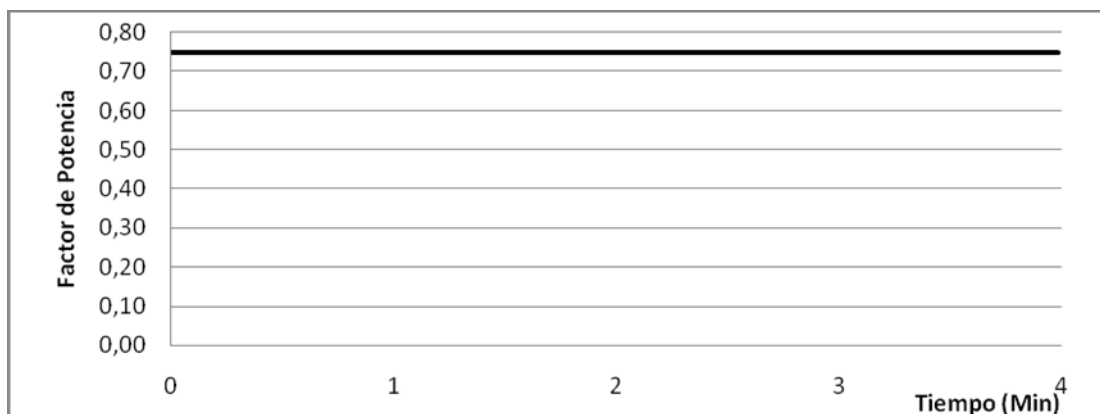
La potencia reactiva es baja y se mantiene constante a lo largo de un ciclo de trabajo tomando un valor de 22 VAR (Figura 46).

**Figura 47. Potencia aparente de un monitor de LCD**



La potencia aparente no presenta muchas fluctuaciones en su ciclo de trabajo, tomando valores entre 33 VA y 34 VA (Figura 47), mucho menos que la potencia aparente de un monitor CRT, en el cual dicha potencia toma valores de 70 VA.

**Figura 48. Factor de potencia de un monitor de LCD**



Durante el ciclo de trabajo se observó que el factor de potencia no varía y se mantuvo constante en 0,75 en atraso (Figura 48).

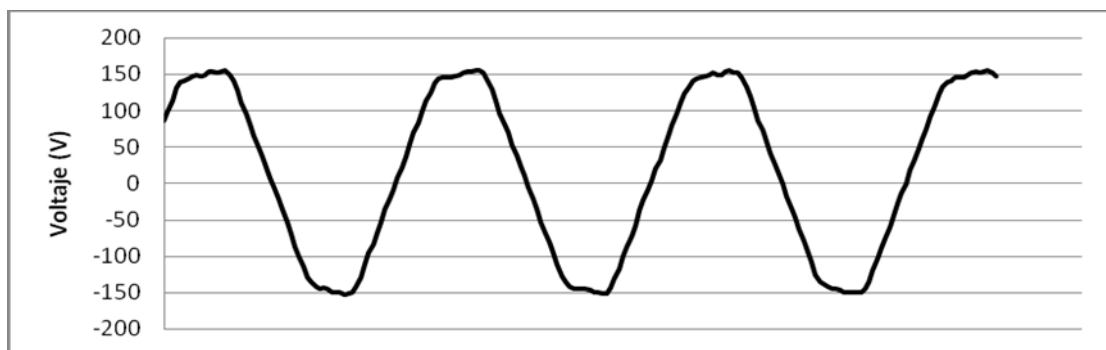
### 5.3.1.3. Computador con monitor de tubo de rayos catódicos

Se caracterizaron los parámetros eléctricos de la combinación de un computador con un monitor de CRT (Figura 49)

**Figura 49. Computador con monitor CRT**

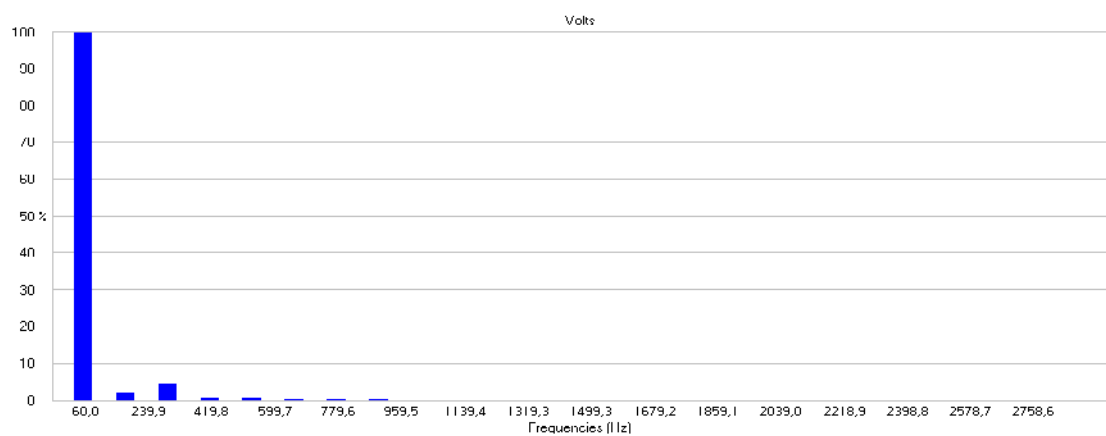


**Figura 50. Onda de voltaje del computador con monitor CRT**



La onda de voltaje no es una onda sinusoidal pura, se presentan deformaciones en la onda (ver Figura 50).

**Figura 51. Espectro armónico de voltaje de un computador con monitor CRT**



**Tabla 13. Armónicos de voltaje de un computador con monitor CRT**

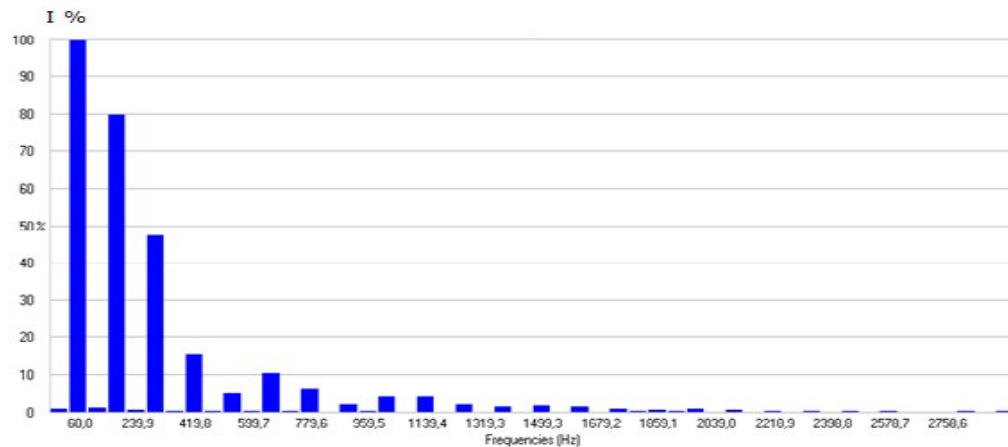
Frecuencia	Orden	% de Voltaje
60	1	100
180	3	2
300	5	4

**Figura 52. Onda de corriente del computador con monitor CRT**



Los valores de la corriente medidas se observan Figura 52.

**Figura 53. Armónicos de corriente de un computador con monitor CRT**

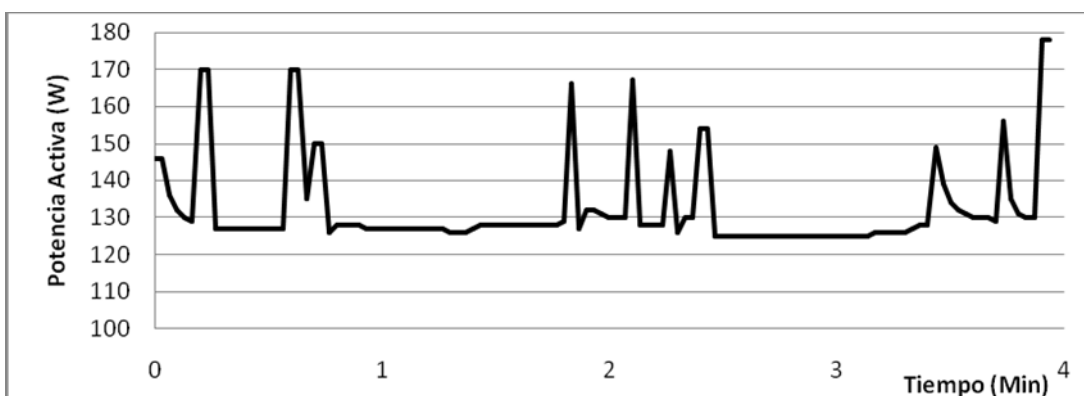


**Tabla 14. Armónicos de corriente de un computador con monitor CRT**

Frecuencia	Orden	% de corriente
60	1	100
180	3	80

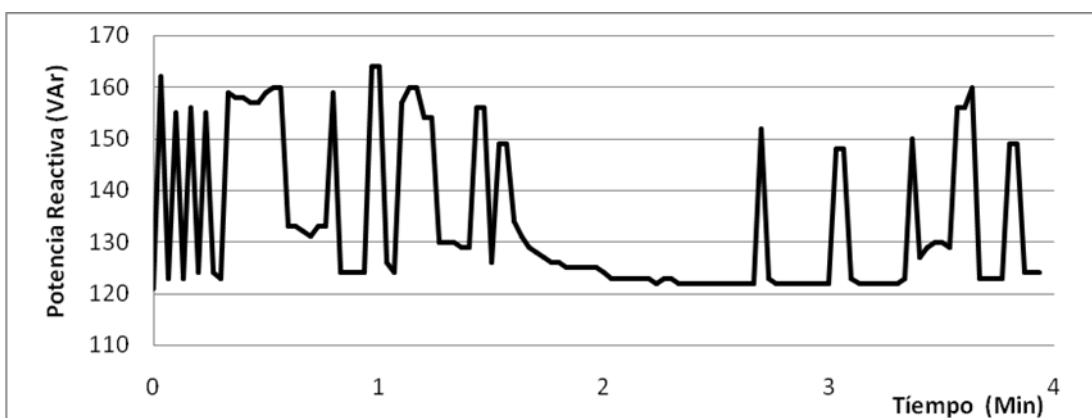
Frecuencia	Orden	% de corriente
300	5	48
420	7	17
540	9	5
660	11	10
780	13	7
900	15	3
1020	17	5
1140	19	5
1260	21	3

**Figura 54. Potencia activa del computador con monitor CRT**



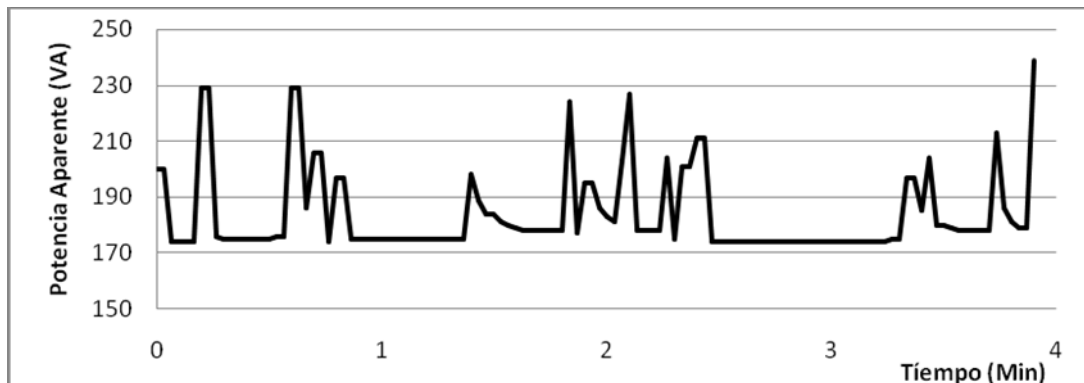
El consumo de potencia activa presenta varios picos a lo largo del periodo de tiempo, los cuales corresponden a una nueva orden dada por el usuario. Esta potencia tiene valores máximos de 180 W y mínimos de 125 W (Figura 54).

**Figura 55. Potencia reactiva del computador con monitor CRT**



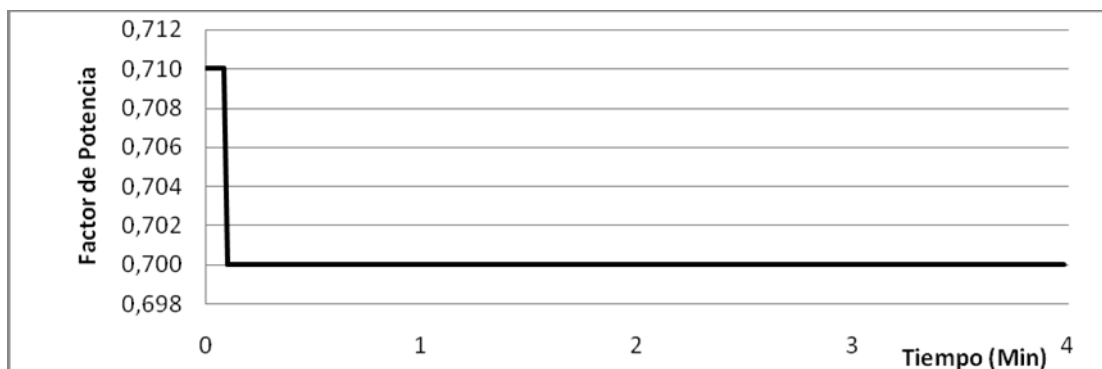
La potencia reactiva esta comprendida entre 120 y 165 VAR, y se puede apreciar tanto en la Figura 54, como en la Figura 55, que en los momentos en los que el computador está encendido esperando ordenes del usuario, éste mantiene un consumo constante.

**Figura 56. Potencia aparente del computador con monitor CRT**



La potencia aparente del computador con monitor de CRT fluctúa entre 170 VA y 240 VA (Figura 56)

**Figura 57. Factor de potencia del computador con monitor CRT**



Como se aprecia en la Figura 57, el factor de potencia no presenta mayor variabilidad durante el ciclo de trabajo, toma valores 0,7 en atraso.

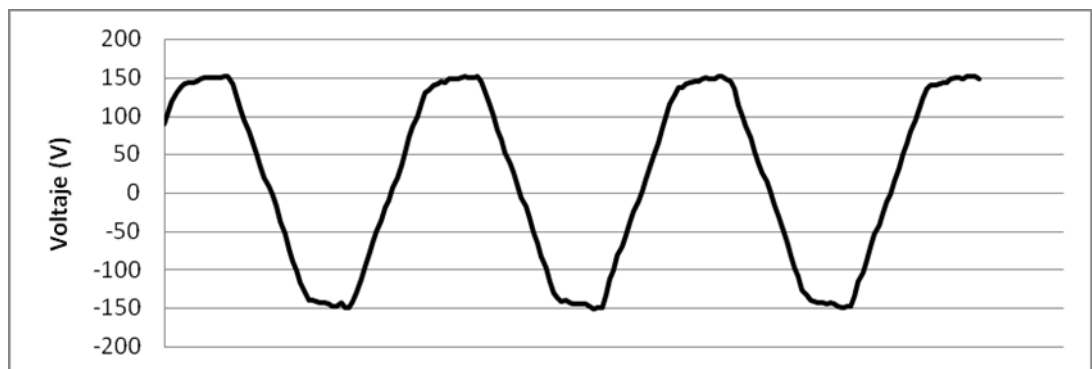
#### 5.3.1.4. Computador con monitor LCD

Se caracterizaron los parámetros eléctricos de la combinación de un computador con un monitor de LCD (Figura 58)

**Figura 58. Computador con monitor LCD**

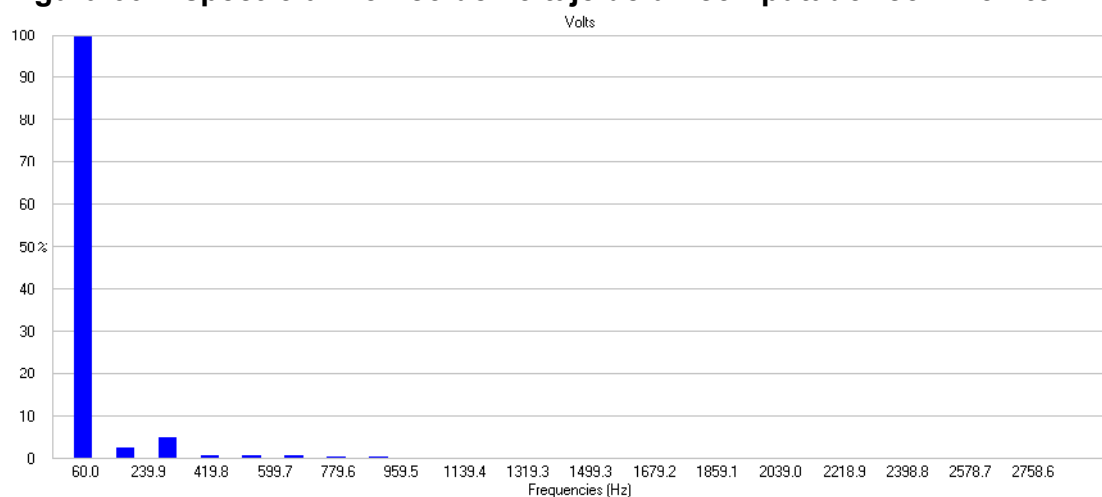


**Figura 59. Onda de voltaje de un computador con monitor LCD**



Esta onda de voltaje es muy similar a la forma de onda de un computador con monitor de tubos de rayos catódicos. Tienen el mismo valor pico y las mismas deformaciones de la onda.

**Figura 60. Espectro armónico de voltaje de un computador con monitor LCD**



**Tabla 15. Armónicos de voltaje de un computador con monitor LCD**

Frecuencia	Orden	% de Voltaje
60	1	100
180	3	2
300	5	6

**Figura 61. Onda de corriente de un computador con monitor de LCD**



Al igual que la onda de voltaje, esta forma de corriente tiene muchas similitudes con la onda de corriente del otro tipo de computador visto anteriormente, diferenciándose en sus valores pico. Presenta cierta distorsión, la cual se debe a las componentes armónicas (ver Figura 62)

**Figura 62. Armónicos de corriente en computador con monitor de LCD**

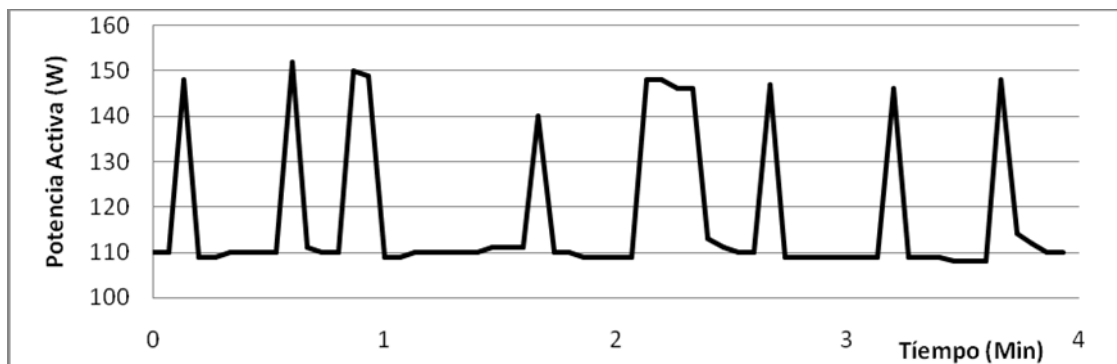


**Tabla 16. Armónicos de corriente de un computador con monitor LCD**

Frecuencia	Orden	% de corriente
60	1	100
180	3	75

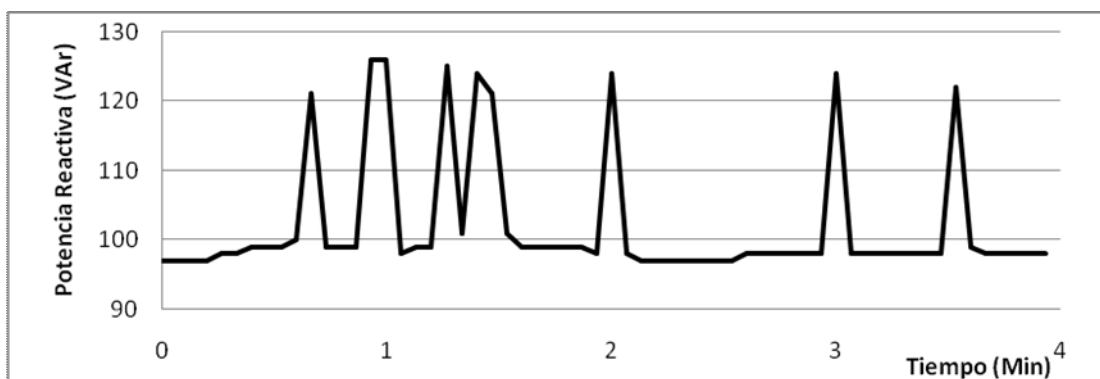
Frecuencia	Orden	% de corriente
300	5	38
420	7	6
540	9	10
660	11	9
780	13	1
900	15	5
1020	17	4
1140	19	3
1260	21	3

**Figura 63. Potencia activa del computador con monitor de LCD**



Se observan algunos picos que corresponden al inicio de procesos de trabajo del computador. La potencia activa esta comprendida entre 110 W y 150 W. la cual es 30 W menos que la potencia de un computador con monitor CRT (Figura 54).

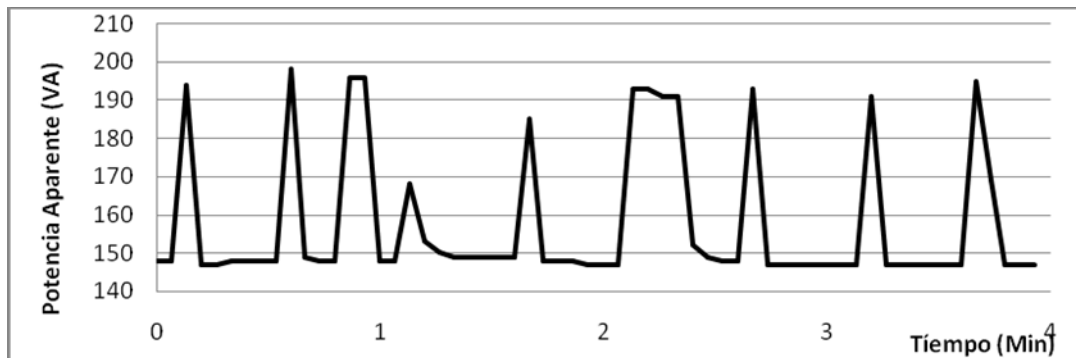
**Figura 64. Potencia reactiva del computador con monitor de LCD**





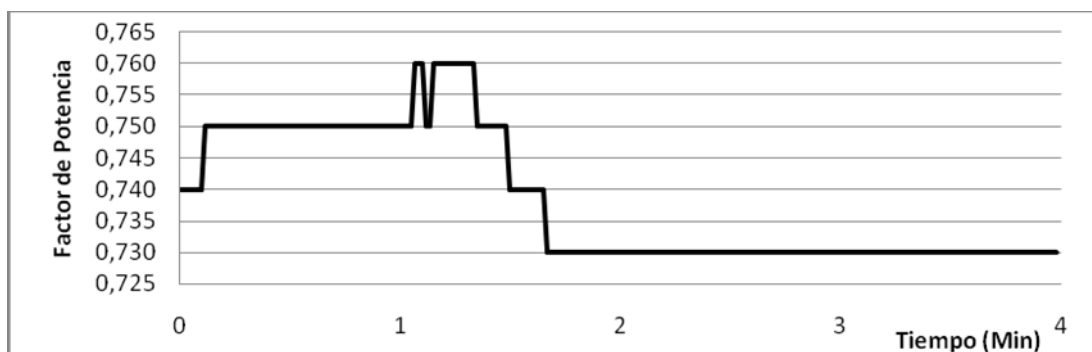
El consumo de potencia reactiva de este equipo oscila entre 95 VAR y 125 VAR, siendo los procesos ordenados al equipo los picos en la Figura 64.

**Figura 65. Potencia aparente de un computador con monitor de LCD**



Las graficas de las potencias tienen ciertos picos, los cuales como se dijo anteriormente corresponden a procesos que el usuario realiza en el computador. La potencia varía entre valores de 140 VA y 200 VA, la cual tiene 40 VA menos en su valor pico si se compara con la potencia del computador con monitor CRT (Figura 56).

**Figura 66. Factor de potencia de un computador con monitor de LCD**



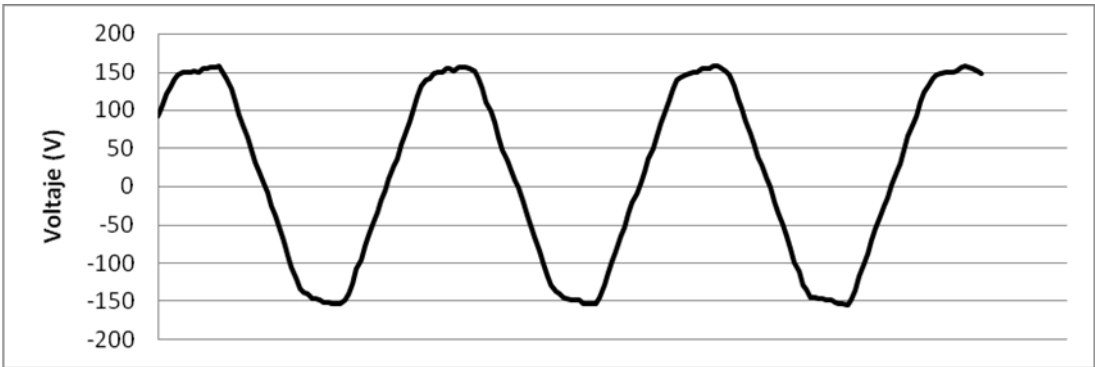
El factor de potencia presenta unas oscilaciones entre 0,730 y 0,760 en atraso, mejorando el factor de potencia de la combinación de computador con monitor CRT el cual tenía un valor de 0,7 en atraso.

### 5.3.2. Iluminación

Fue caracterizado el comportamiento eléctrico de las lámparas T12 y T8

5.3.2.1. Lámparas T12

Figura 67. Onda de voltaje de una lámpara T12



La forma de onda de alimentación de este tipo de lámpara es sinusoidal con unas pequeñas deformaciones en sus puntos máximos.

Figura 68. Espectro armónico de voltaje de una lámpara T12

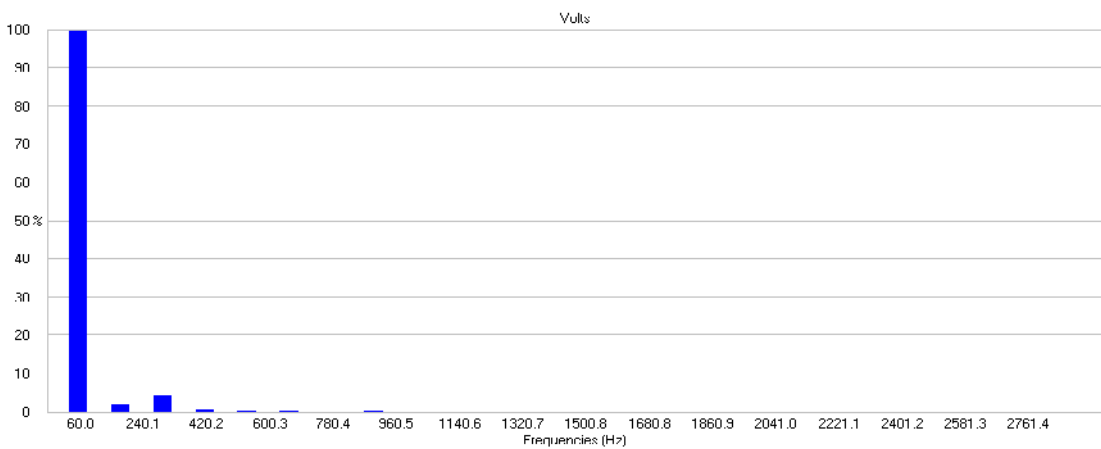
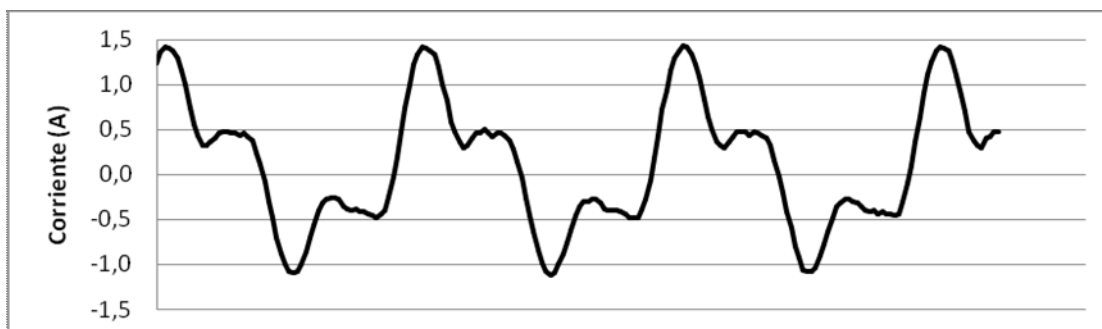


Tabla 17. Armónicos de voltaje de una lámpara T12

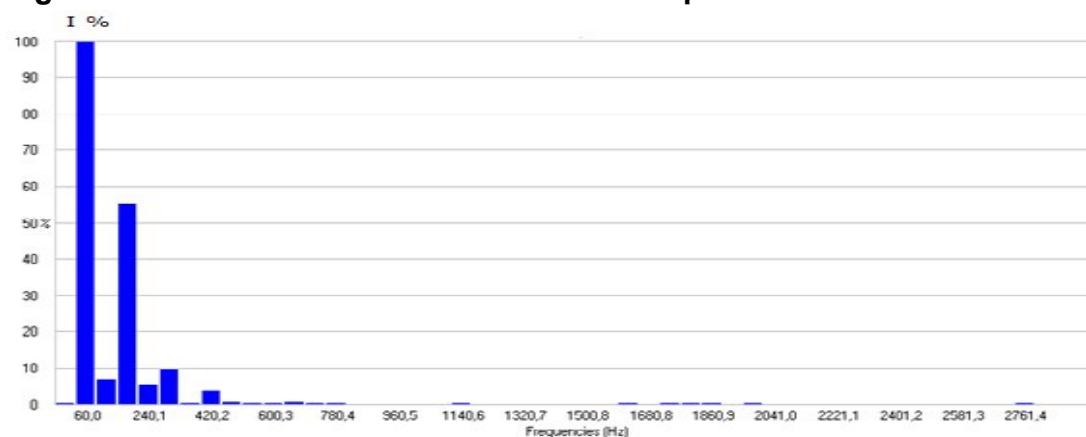
Frecuencia	Orden	% de Voltaje
60	1	100
180	3	2
300	5	5

**Figura 69. Onda de corriente de una lámpara T12**



La corriente presenta muchas distorsiones debido a los armónicos.

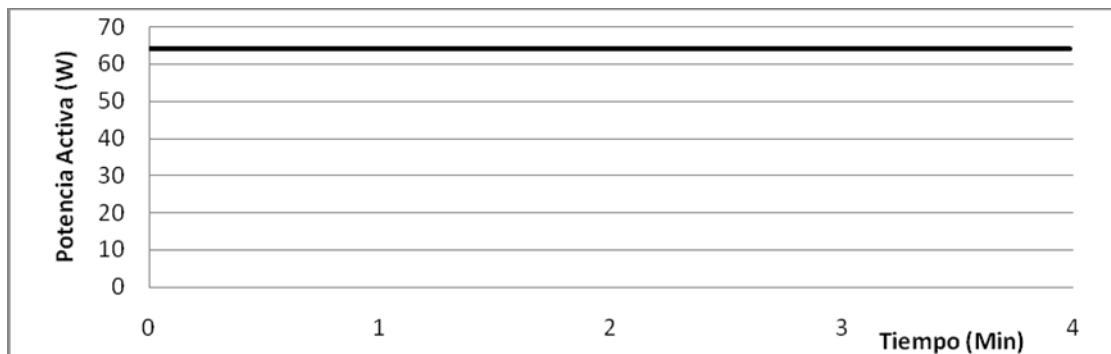
**Figura 70. Armónicos de corriente de una lámpara T12**



**Tabla 18. Armónicos de corriente de una lámpara T12**

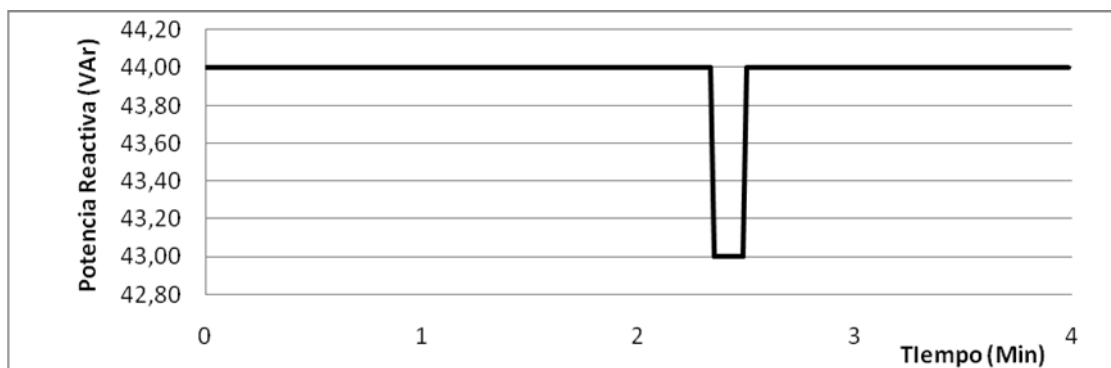
Frecuencia	Orden	% de corriente
60	1	100
120	2	7
180	3	55
240	4	6
300	5	9
420	7	4

**Figura 71. Potencia activa de una lámpara T12**



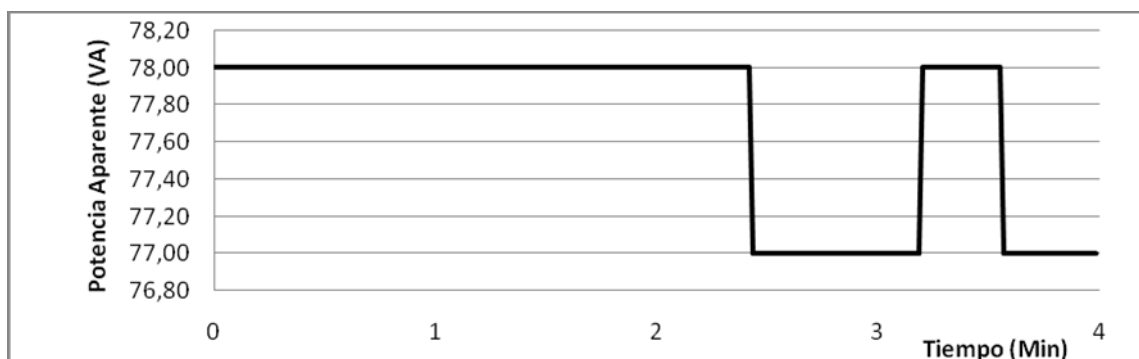
El consumo de potencia es constante y es aproximadamente de 64 W, ya que la lámpara se compone de 2 tubos cada uno de 32 W (Figura 71).

**Figura 72. Potencia reactiva de una lámpara T12**



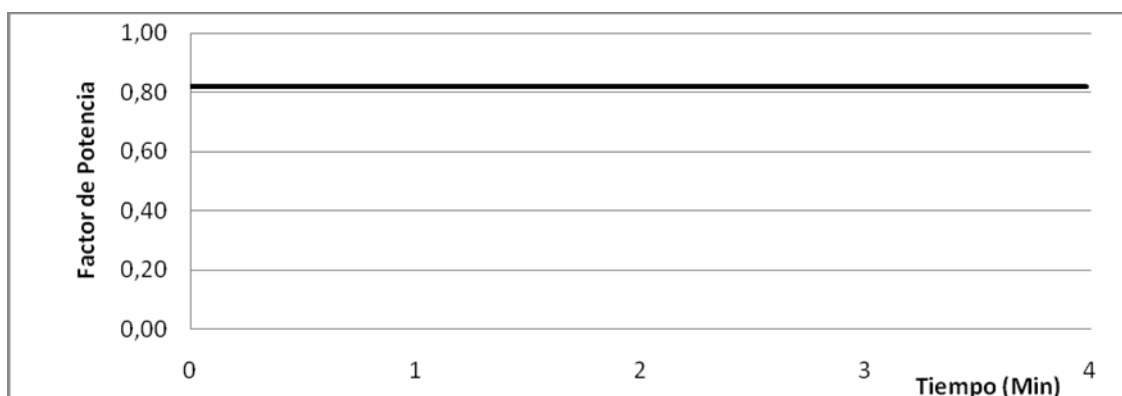
El consumo de potencia reactiva es constante tomado un valor de 44 VAr y es debido al consumo del balasto electromagnético de la lámpara (Figura 72).

**Figura 73. Potencia aparente de una lámpara T12**



En la Figura 73 se observa la potencia aparente de una lámpara T12, la cual está conformada por el consumo de los tubos (Figura 71) y el consumo del balasto (Figura 72).

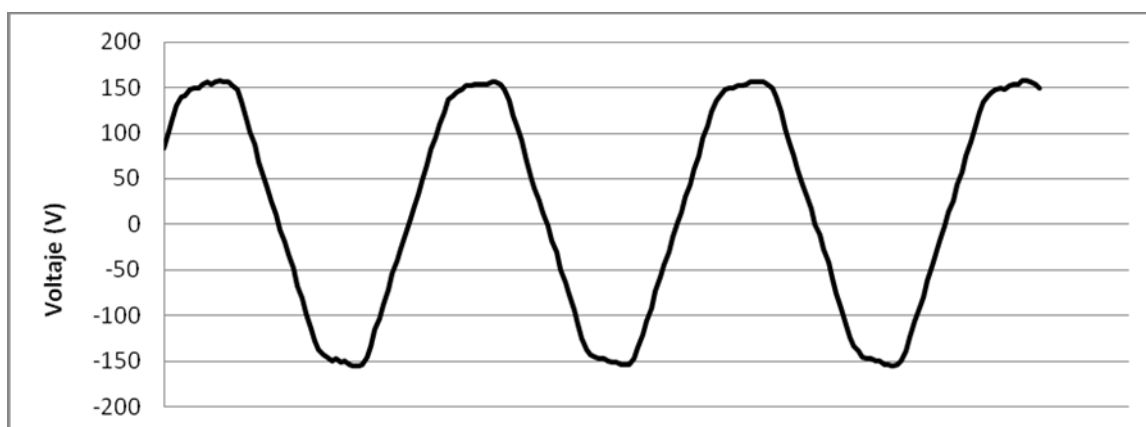
**Figura 74. Factor de potencia de una lámpara T12**



El factor de potencia de este tipo de lámpara es constante y con un valor de 0,82 en atraso.

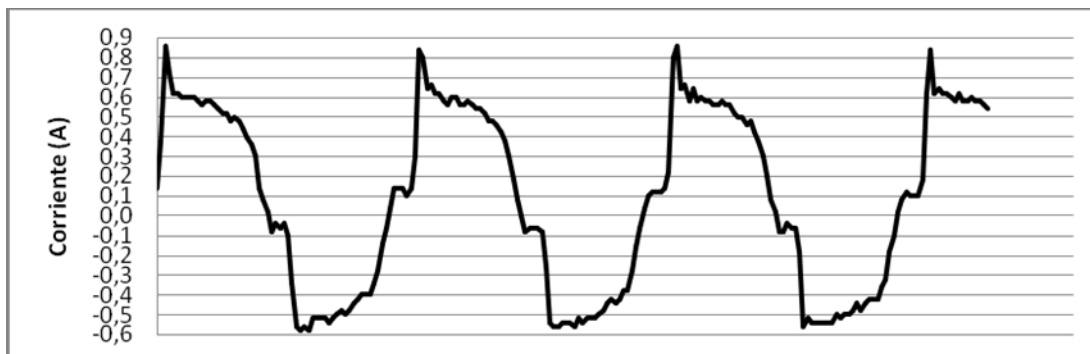
#### 5.3.3.2. Lámparas T8

**Figura 75. Onda de voltaje de una lámpara T8**



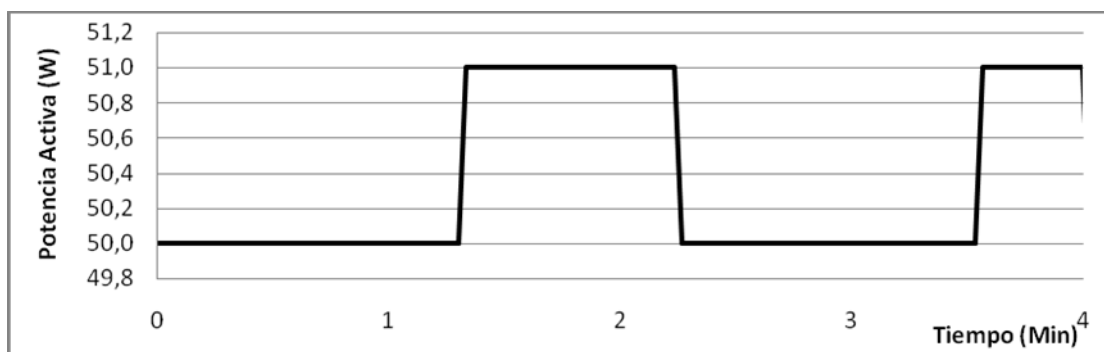
La de onda del voltaje, tiene una forma parecida a la de la lámpara T12, las cuales presentan unas pequeñas distorsiones en sus valores máximos.

**Figura 76. Onda de corriente de una lámpara T8**



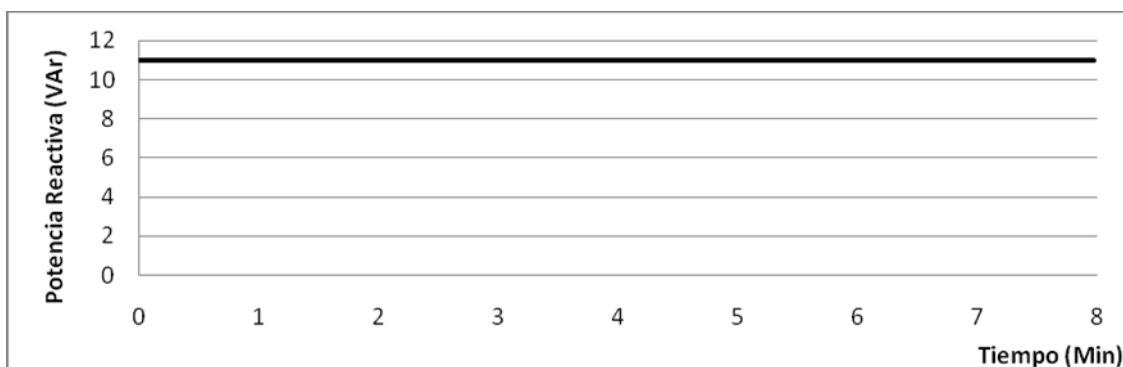
La forma de onda presenta distorsiones debido a las componentes armónicas, pero su forma es parecida a una onda sinusoidal. Tomando valores de 0,859 A y -0,58 A.

**Figura 77. Consumo de potencia activa de una lámpara T8**



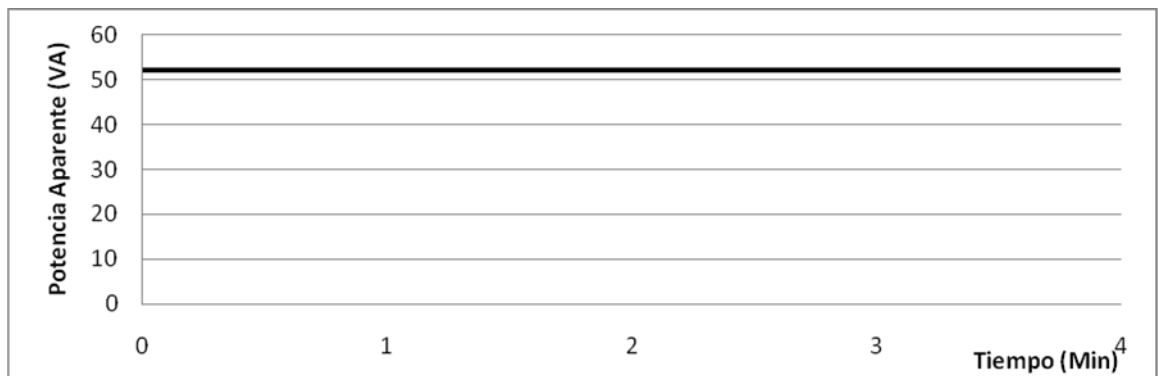
El consumo de potencia activa tiene un valor promedio de 50 W, ya que la lámpara se compone de 2 tubos de 32 W (Figura 77).

**Figura 78. Consumo de potencia reactiva de una lámpara T8**



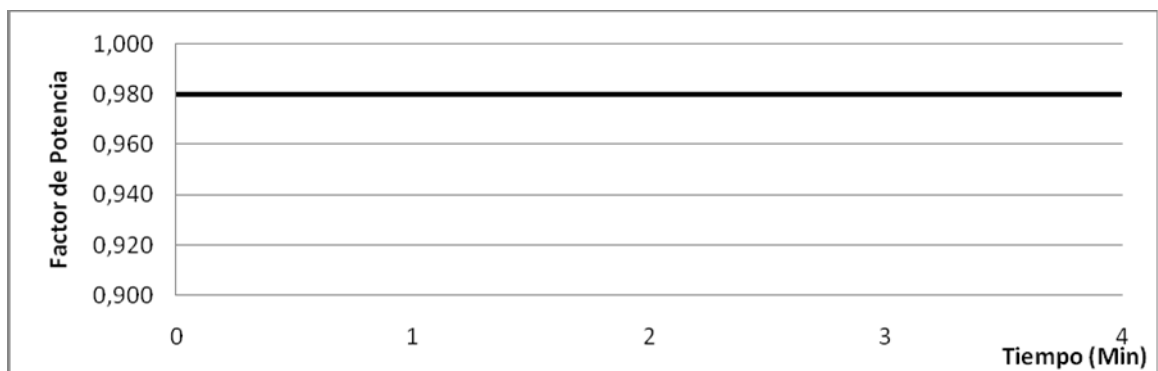
Ya que el balasto de este tipo de lámpara es electrónico y no electromagnético como el de lámpara T12, el consumo de potencia reactiva es poco, tomando un valor de 11 VAR (Figura 78).

**Figura 79. Consumo de potencia aparente de una lámpara T8**



Al reducirse el consumo de potencia reactiva, a causa del balasto electrónico presente en este tipo de lámpara, el consumo total de potencia aparente se ve reducido. Tomado un valor de 52 VA (Figura 79).

**Figura 80. Factor de potencia de una lámpara T8**

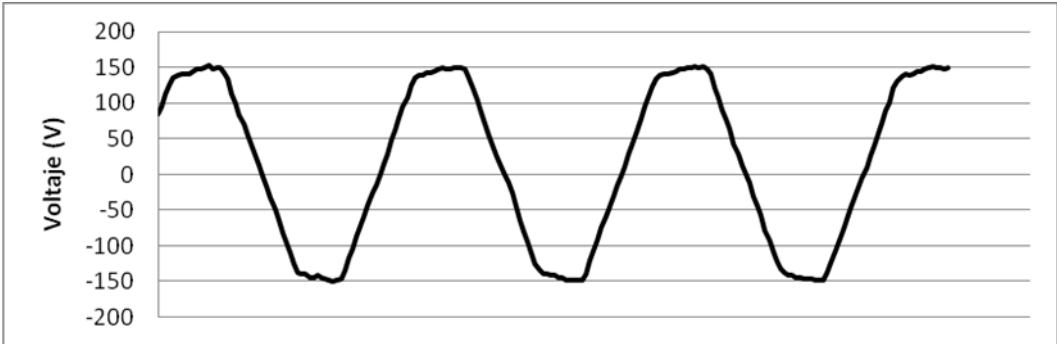


Al no estar presente la inductancia que era el balasto electromagnético de la lámpara T12, el factor de potencia mejora notoriamente pasando de un valor de 0,82 a 0,98 (ver Figura 74 y Figura 80).

### 5.3.3. Impresoras

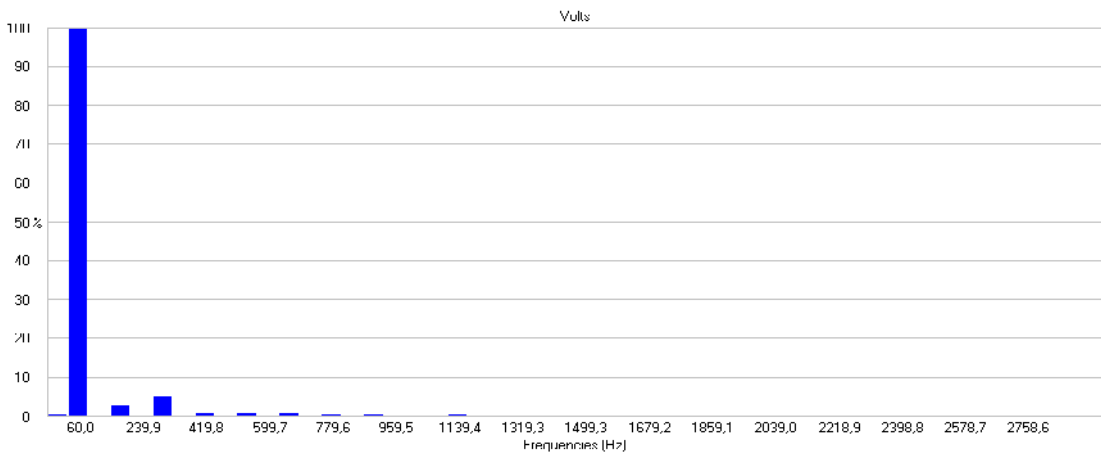
Se caracterizaron los parámetros eléctricos de una impresora.

**Figura 81. Onda de voltaje de la impresora**



No se observa mucha distorsión en la onda de la señal de voltaje.

**Figura 82. Espectro armónico de voltaje de una impresora**

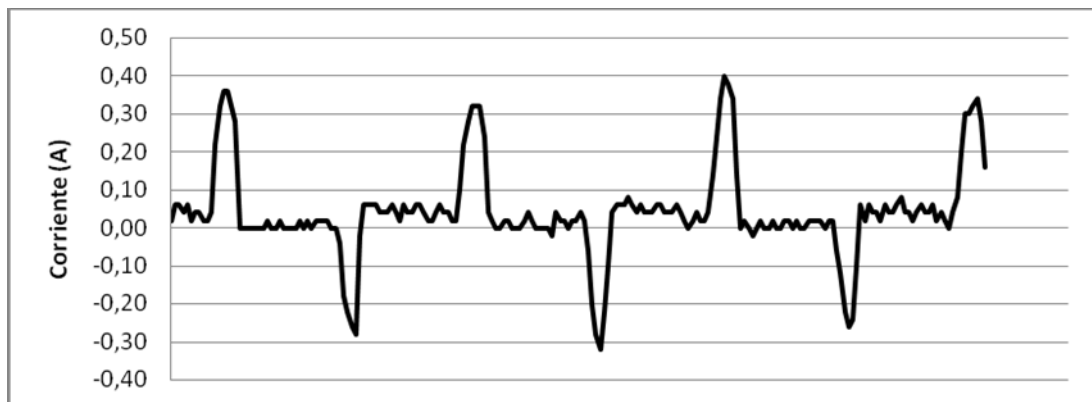


**Tabla 19. Armónicos de voltaje de una impresora**

Frecuencia	Orden	% de Voltaje
60	1	100
180	3	3
300	5	5

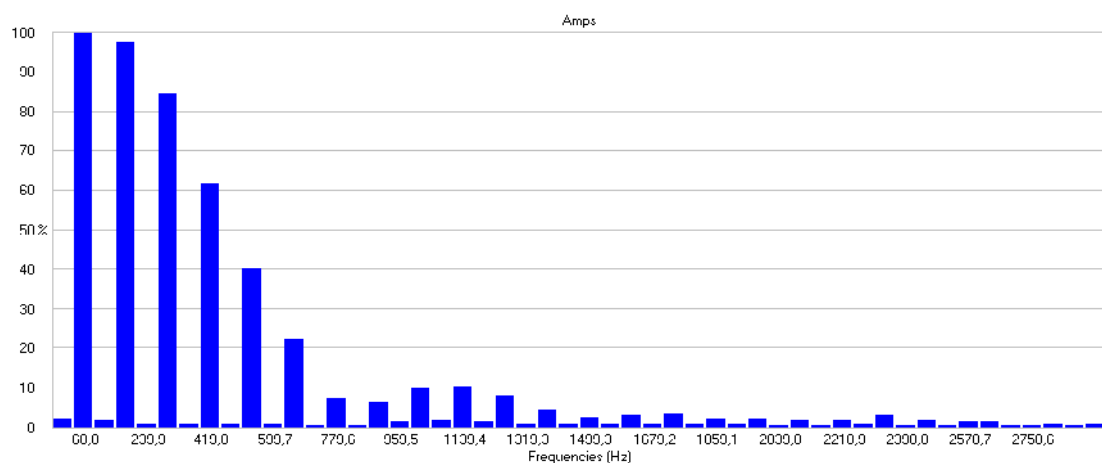


**Figura 83. Onda de corriente de la impresora**



La corriente presenta muchas distorsiones debido a las corrientes componentes (ver Figura 84).

**Figura 84. Armónicos de corriente de una impresora**

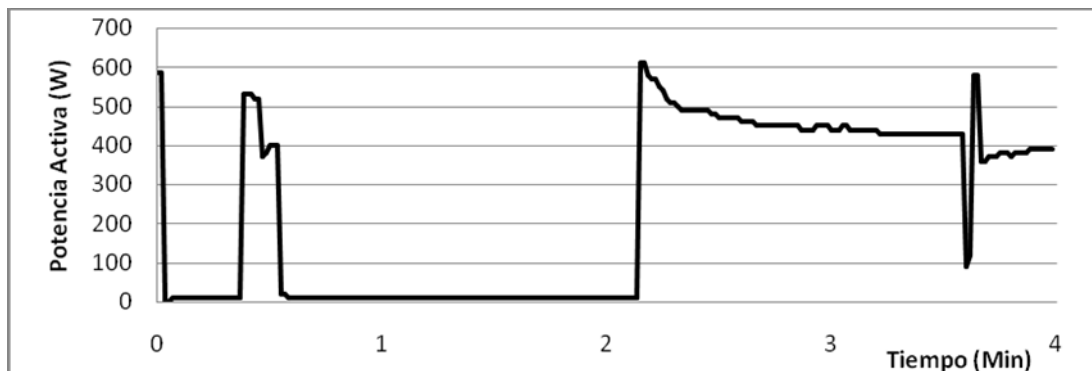


**Tabla 20. Armónicos de corriente de una impresora**

Frecuencia	Orden	% de corriente
60	1	100
180	3	97
300	5	84
420	7	62
540	9	40
660	11	22
780	13	7

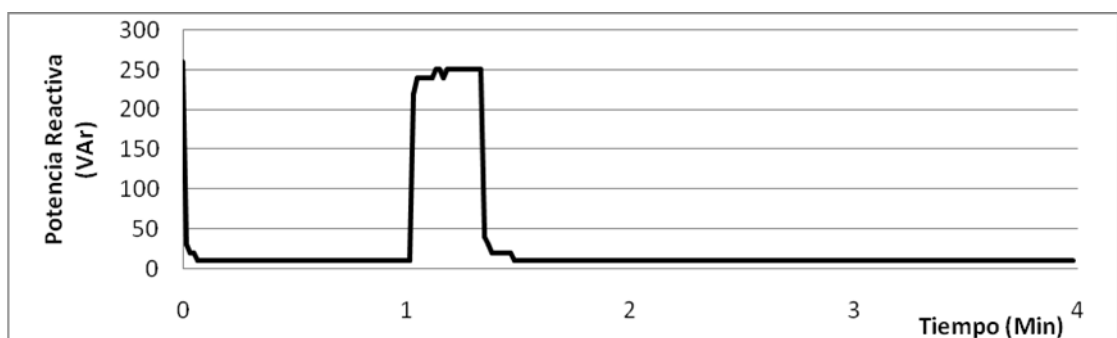
Frecuencia	Orden	% de corriente
900	15	6
1020	17	9
1140	19	10
1260	21	8
1380	23	5
1500	25	3
1620	27	4
1740	29	4

**Figura 85. Potencia activa en la impresora**



En esta la Figura 85 se pueden apreciar unos picos, los cuales corresponden a un trabajo de impresión, lo cual se considera un gran consumo mientras la impresora está imprimiendo. También cabe destacar que el consumo de la misma, mientras no se está imprimiendo es muy bajo. Esta potencia varía entre 10 W y 610 W.

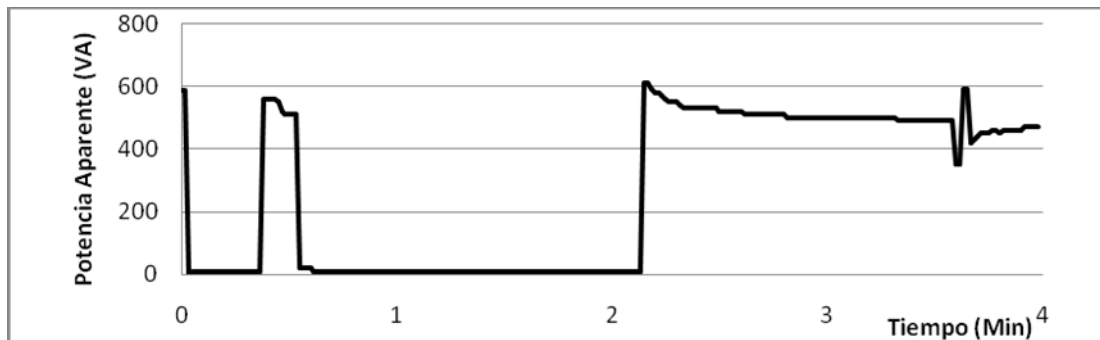
**Figura 86. Consumo de potencia reactiva en la impresora**



Igualmente como pasaba en la Figura 85 con la potencia activa, pasa con la potencia reactiva, el pico en la gráfica corresponde a un ciclo de impresión, en donde además se observa de nuevo que la potencia consumida por la impresora

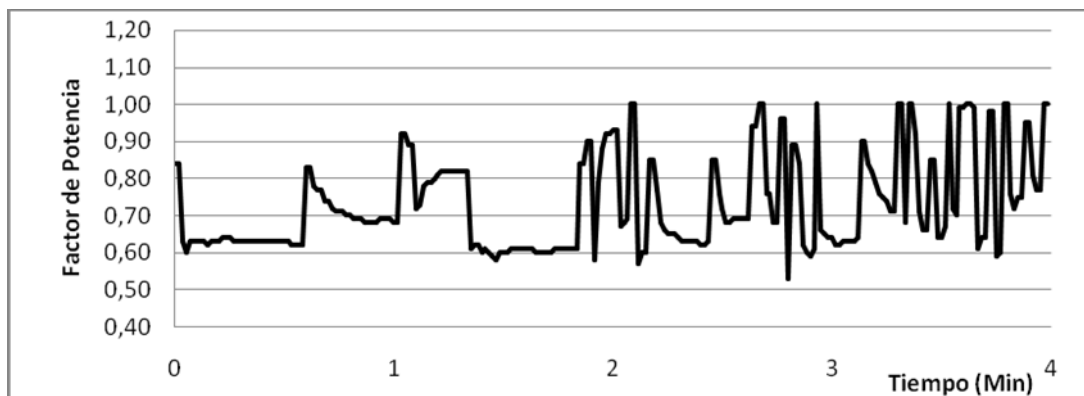
mientras no está imprimiendo es muy pequeño. Esta potencia varía entre 10 VAr y 260 VAr (Figura 86).

**Figura 87. Consumo de potencia aparente en la impresora**



Si las potencias activa y reactiva aumentan con cada ciclo de trabajo, entonces la potencia aparente también lo hará. Lo mismo sucederá cuando no existe un ciclo de trabajo de impresión, ambas potencias bajan y por consiguiente esta también lo hará. Esta potencia varía entre 10 VA y 610 VA (Figura 87).

**Figura 88. Factor de potencia de una impresora**



El factor de potencia presenta un comportamiento fluctuante, con valores en atraso comprendidos entre 0,5 y 1 (Figura 88).

## 5.4. SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA

### 5.4.1. Consumo de energía en la subestación del edificio de Mecánica

De acuerdo con las mediciones del analizador Topas 1000, el consumo de energía en la subestación del edificio de Mecánica fue 188 kWh (Figura 89) para el periodo

que empezó el 4 de Julio de 2007 a partir de las 9:30 am y finalizó el mismo día a las 5:30 pm, teniendo en cuenta que dicha subestación registra el consumo de ambos edificios (Mecánica e Industrial).

Al proyectar este consumo en un mes se tiene:

$$188,84 \text{ kWh} \times 3 = 566,52 \text{ kWh al día}$$

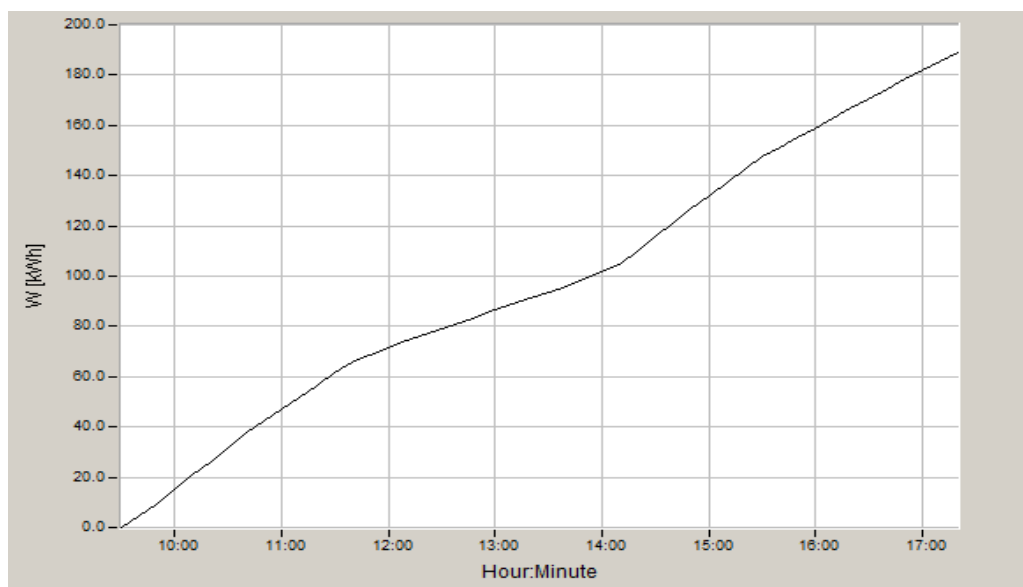
El periodo de tiempo que analizó el Topas 1000 fue de 8 horas, este consumo se multiplica por 3 para obtener un consumo aproximado de 24 horas.

$$566,52 \text{ kWh} \times 30 \text{ días} = 16,99 \text{ MWh al mes}$$

$$\text{Costo energía} = 16,99 \text{ MWh} \times \frac{\$ 277,8775}{1 \text{ kWh}} \times \frac{1000 \text{ kWh}}{1 \text{ MWh}} = \$ 4 721 138,7$$

El valor del kWh, fue tomado del recibo de energía de la Universidad Tecnológica de Pereira, del mes de Octubre de 2008.

**Figura 89. Consumo de energía de los edificios de Mecánica e Industrial**



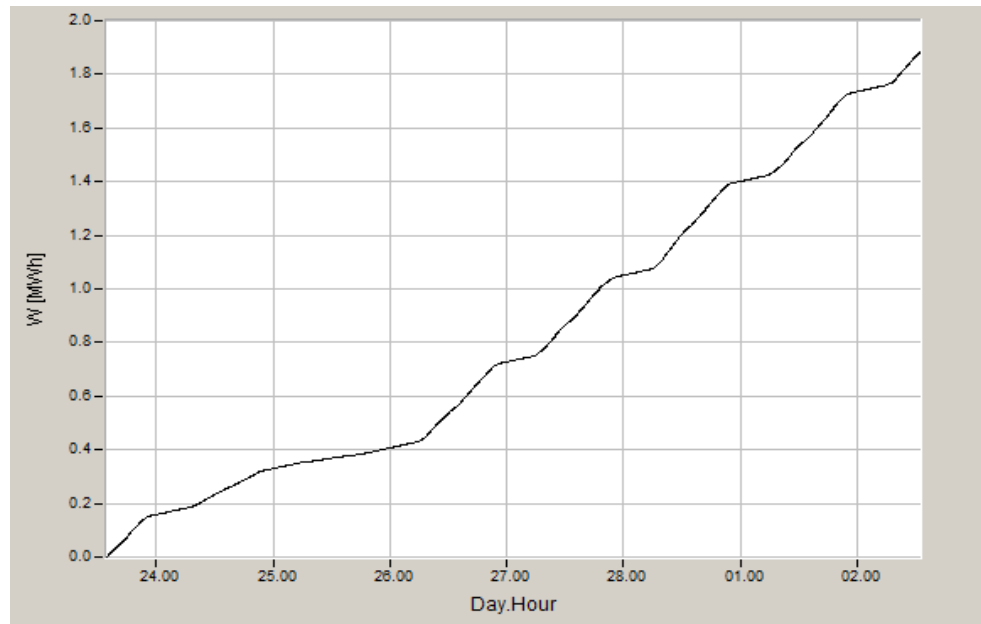
#### **5.4.2. Consumo de energía en la subestación del edificio de Industrial**

De acuerdo con las mediciones del analizador Topas 1000, el consumo de energía en el edificio de Industrial fue 1,88 MWh (Figura 90) para el periodo del 23 Febrero de 2007 al 2 de marzo de 2007, al proyectar este consumo en un mes se tiene:

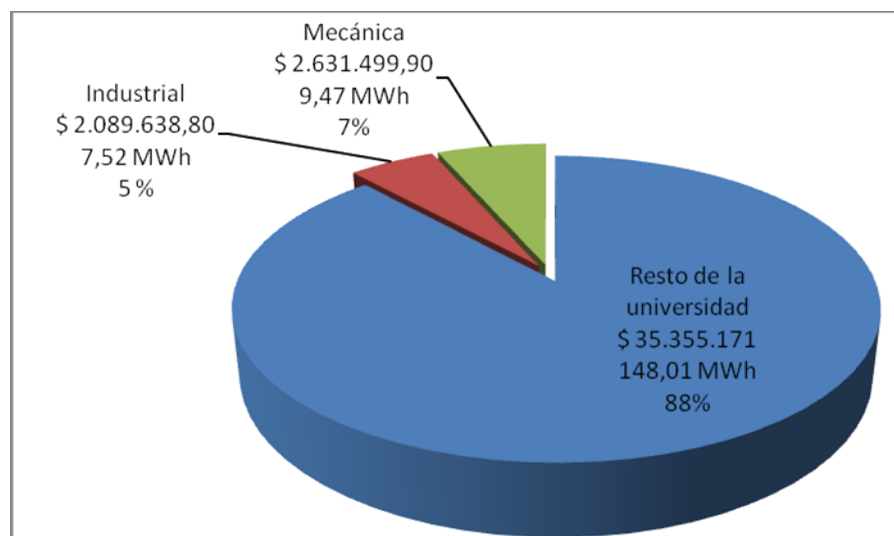
$$1,88 \text{ MWh} \times 4 \text{ Semanas} = 7,52 \text{ MWh al mes}$$

$$\text{Costo energia} = 7,520 \text{ MWh} \times \frac{\$ 277,8775}{1 \text{ kWh}} \times \frac{1000 \text{ kWh}}{1 \text{ MWh}} = \$ 2\,089\,638,8$$

**Figura 90. Consumo de energía del edificio de Industrial**



**Figura 91. Consumo de Mecánica e Industrial con respecto al consumo de la Universidad**



### 5.4.3. Equipos de oficina

Los equipos de oficina analizados fueron:

- Monitor CRT
- Monitor LCD
- Computador con monitor CRT
- Computador con monitor LCD
- Impresoras

De acuerdo con las mediciones realizadas con el analizador FLUKE 43B, la potencia activa de un computador con monitor de CRT fue de 180 W (Figura 54) para un periodo de medición de 4 minutos.

$$\text{Energía} = 180 \text{ W} \times 0,0666 \text{ h} = 11,988 \text{ Wh}$$

El consumo de energía fue de 0,011 988 kWh en 4 minutos. Al proyectar este consumo en un mes, teniendo en cuenta que se tomó un ciclo de trabajo de 8 horas al día, se tiene:

$$0,011 \text{ 988 kWh} \times 15 = 0,17982 \text{ kWh en una hora}$$

$$0,17982 \text{ kWh} \times 8 \text{ h} = 1,43856 \text{ al día}$$

$$1,43856 \text{ kWh} \times 30 \text{ días} = 43,1568 \text{ kWh al mes}$$

$$\text{Costo energía} = 43,1568 \text{ kWh} \times \frac{\$ 277,8775}{1 \text{ kWh}} = \$ 11 \text{ 992}$$

De igual manera se realizaron los cálculos para los demás equipos de oficina.

**Tabla 21. Costo de la energía de los equipos de oficina**

ELEMENTO	POTENCIA (W)	ENERGÍA MENSUAL (kWh)	COSTO MENSUAL (\$)
Monitor CRT	53 W (Figura 36)	12,7072	3 531,07
Monitor LCD	26 W (Figura 45)	6,2337	1 732,22
Computador con monitor CRT	180 W (Figura 54)	43,1568	11 992,30
Computador con monitor LCD	150 W (Figura 63)	35,9640	9 993,59
Impresora	200 W(Figura 85)	5,9940	1 665,60

Para cada uno de los edificios se tiene lo siguiente:

**Tabla 22. Consumo de energía de los equipos de oficina en el edificio de Mecánica**

ELEMENTO	CANTIDAD	ENERGÍA (kWh)	COSTO \$
Computador con monitor CRT	63	2 718,87	\$ 755 515,13
Computador con monitor LCD	12	431,568	\$ 119 923,04
Impresora	30	179,82	\$ 49 967,93
<b>TOTAL</b>		3 330,26	\$ 925 406,10

**Tabla 23. Consumo de energía de los equipos de oficina en el edificio de Industrial**

ELEMENTO	CANTIDAD	ENERGÍA (kWh)	COSTO \$
Computador con monitor CRT	88	3 797,79	\$ 1 055 322,72
Computador con monitor LCD	20	719,28	\$ 199 871,73
Impresora	12	71,928	\$ 19 987,17
<b>TOTAL</b>		4 588,998	\$ 1 275 181,62

#### 5.4.4. Iluminación

En los edificios de Mecánica e Industrial se tienen varios tipos de lámparas para la iluminación de los mismos. Se tienen en su mayoría lámparas fluorescente T12 y algunas bombillas incandescentes. Actualmente se está efectuando el cambio de lámparas fluorescentes T12 por las fluorescentes T8 en ambos edificios. El consumo de potencia de las lámparas T12 es mayor que el de las lámparas T8 como se observa en la Figura 71 y Figura 77. Si se logra realizar todo el cambio de las lámparas se puede lograr un ahorro significativo.

El cálculo del consumo de la iluminación se hizo con base en los valores obtenidos en la caracterización de la sección 5.3. De acuerdo con estas mediciones realizadas con el analizador FLUKE 43B, la potencia activa de una lámpara T12 fue de 64 W (Figura 71) para un periodo de medición de 4 minutos.

$$Energía = 64 \text{ W} \times 0,0666 \text{ h} = 4,2624 \text{ Wh}$$

El consumo de energía fue de 0,004 262 kWh en 4 minutos. Al proyectar este consumo en un mes, teniendo en cuenta que se tomó un ciclo de trabajo de 20 horas al día, se tiene:

$$0,004\,262\text{ kWh} \times 15 = 0,063\,936\text{ kWh en una hora}$$

$$0,063\,936\text{ kWh} \times 20\text{ h} = 1,278\,720\text{ kWh al día}$$

$$1,278\,720\text{ kWh} \times 30\text{ días} = 38,361\text{ kWh al mes}$$

$$\text{Costo energía} = 38,36\text{ kWh} \times \frac{\$ 277,8775}{1\text{ kWh}} = \$ 10\,659,82$$

De igual manera se realizaron los cálculos para la lámpara T8 y las bombillas incandescentes.

Existe otra posibilidad de iluminación que esta tomando fuerza en la actualidad y es la iluminación de estado sólido. Teniendo en cuenta los valores nominales de estas lámparas de estado sólido, se calculo el consumo que se tendría en caso de estar instaladas en los edificios de Mecánica e Industrial.

- Tubos T8 de LED`S de 15 W:

$$30\text{ W} \times 0,0666\text{ h} = 1,998\text{ Wh}$$

$$0,001\,998\text{ kWh} \times 15 = 0,029\,970\text{ kWh en una hora}$$

$$0,029\,970\text{ kWh} \times 20\text{ h} = 0,599\,400\text{ al día}$$

$$0,599\,400\text{ kWh} \times 30\text{ días} = 17,982\text{ kWh al mes}$$

$$\text{Costo energía} = 17,982\text{ kWh} \times \frac{\$ 277,8775}{1\text{ kWh}} = \$ 4\,996,79$$

**Tabla 24. Consumo cada tipo de lámpara**

ELEMENTO	POTENCIA (W)	ENERGÍA MENSUAL (kWh)	COSTO MENSUAL (\$)
Lámpara T12	64 W (Figura 71)	38,361	\$ 10 659,82
Lámpara T8	51 W (Figura 77)	30,569	\$ 8 494,540
Bombilla incandescente	100	59,94	\$ 16 655,97
Lámpara de estado sólido	30 W (Tabla 2)	17,982	\$ 4 996,790



El consumo de iluminación para cada uno de los edificios es el siguiente:

**Tabla 25. Consumo de energía en iluminación en el edificio de mecánica**

ELEMENTO	ENERGÍA (kWh)	COSTO MENSUAL
Lámparas T12 e incandescentes	12 395,43	\$ 3 444 411,10
Lámparas T8	9 292,97	\$ 2 582 308,93
Lámparas de LED`s	5 466,52	\$ 1 519 025,13

Realizando el cambio de lámparas T12 a T8, se podría obtener un ahorro mensual de 3 102,46 kWh, los que equivaldrían a \$ 862 103,82.

Dado el caso que se pueda realizar el cambio de lámparas T12 a iluminación de estado sólido (LED`s) se podría obtener un ahorro mensual de 6 928,91 kWh, los que equivaldrían a \$ 1 925 388,18.

**Tabla 26. Consumo de energía en iluminación en el edificio de Industrial**

ELEMENTO	ENERGÍA (kWh)	COSTO MENSUAL
Lámparas T12 e incandescentes	11 915,89	\$ 3 311 159,11
Lámparas T8	9 323,54	\$ 2 590 803,37
Lámparas de LED`s	5 484,51	\$ 1 524 021,92

Realizando el cambio de lámparas T12 a T8, se podría obtener un ahorro mensual de 2 592,35 kWh, los que equivaldrían a \$ 720 355,73.

Dado el caso que se pueda realizar el cambio de lámparas T12 a iluminación de estado sólido (LED`s) se podría obtener un ahorro mensual de 6 431,38 kWh, los que equivaldrían a \$ 1 787 135,79.

#### 5.4.5. Motores eléctricos

El edificio de Mecánica cuenta con taller, en el cual se encuentran ciertas máquinas eléctricas. El estudio de eficiencia de estas máquinas se apoyó en un software desarrollado por la UPME para tal fin, el cual a partir de los parámetros eléctricos de una máquina indica la eficiencia con la cual esta trabaja (Tabla 4). Para este caso se trabajó con los datos de placa de cada motor. En la siguiente figura se aprecia el software que se utilizó. [16]

**Figura 92. Cálculo de la eficiencia de una máquina eléctrica**

Después de la aplicación de este software se obtuvieron los siguientes resultados.

**Tabla 27. Eficiencia de las máquinas eléctricas del edificio de Mecánica**

ELEMENTO	POTENCIA	EFICIENCIA
TORNO REVOLVER	7,8 kW	82,30 %
TORNO PARALELO (5)	5,5 kW	80,89 %
CEPILLO	5-6 kW	72,34 %
TALADRO	2,1 kW	91,94 %
TALADRO	3 kW	91,61 %
TALADRO	2,75 kW	80,00 %
ESMERIL	0,75 kW	91,94 %
INYECTORA	0,75 kW	90,76 %
MANDRILADORA	8 kW	87,49 %
FRESADORA GENERADORA	8,5 kW	79,82 %
TORNO AUTOMÁTICO	3 kW	90,94 %
RECTIFICADORA	4 kW	90,85 %
TROQUELADORA	2,2 kW	88,61 %
CIZALLA	9 kW	80,00 %

Con los resultados obtenidos, se demuestra que la mayoría de las máquinas operan bajo condiciones normales de eficiencia, aunque el cepillo tiene una eficiencia del 72,34 %.

## CONCLUSIONES

- El concepto URE es realmente un cambio en la cultura de las personas y por ende este debe ser el enfoque de las instituciones, teniendo en cuenta aspectos como: reducción del impacto ambiental, reducción de pérdidas, reducción de consumo de energía, para que así sean sostenibles los programas que se implementen.
- La reglamentación y normalización en Colombia de los temas de URE, debe ser más exigente cada día para poder crear una nueva cultura, pues la experiencia ha demostrado que por la autorregulación es muy lento el proceso.
- El tema de ahorro de energía no es automático, se requiere la implementación de un trabajo planificado para estos 2 edificios que se mantenga en el tiempo, trazándose metas concretas de ahorros y haciendo las evaluaciones respectivas en las diferentes épocas del año siguiendo las pautas recomendadas en el presente informe.
- Se debe capacitar al personal sobre temas de uso eficiente y racional de energía y sobre calentamiento global.
- Operar eficientemente los equipos implica menor mantenimiento, mayor vida útil, menores pérdidas y mayores ahorros por disminución del consumo energético.
- Se comprobó que un monitor de CRT consume más que uno de LCD, ya que este tiene un consumo de 53 W, equivalentes a 0,052 497 kWh, mientras que el LCD consume 26 W, que equivalen a 0,025 974 kWh.
- Se pudo establecer que las lámparas T12 tienen un consumo de 64 W, mientras las T8 tienen un consumo de 51 W.
- Se identificaron medidas de ahorro con el cambio de tecnología, como el cambio de lámparas T12 por lámparas de estado sólido o en su defecto por lámparas T8, cambio de monitores de CRT por monitores de LCD.
- Los motores a pesar del poco mantenimiento y la antigüedad tienen una buena eficiencia a excepción de la maquina cepillo que tiene una eficiencia de 72,34 %

- El ahorro energético en una instalación de iluminación, no pasa sólo por elegir los equipos adecuados a las necesidades, con elevados rendimientos, sino que además deberá estudiarse las necesidades y usos de lugar que es iluminado, para diseñar el sistema de control idóneo.
- Se encontró que en los laboratorios y grandes aulas de clase no se tiene sectorizada la iluminación en diferentes circuitos, lo cual hace que se iluminen áreas que no se están utilizando, por lo cual no se está haciendo un uso racional de la energía.
- Las lámparas requieren de una limpieza frecuente para mantenerse un nivel óptimo de iluminación. En la institución las lámparas no reciben un mantenimiento periódico, por lo que su eficiencia disminuye, sin tomar en cuenta la vejez de muchas de ellas que se traduce en poca luminosidad por energía consumida.
- Hacer una revisión periódica de todos los equipos, ya que las malas conexiones y la suciedad en las instalaciones son causantes de mayores consumos al aumentar las pérdidas.
- Como último paso en los programas de uso eficiente de la energía, se recurre a un cambio de tecnología para un mejor aprovechamiento de los recursos energéticos.

## RECOMENDACIONES

### Equipos de oficina:

- Creación de un comité encargado de la preparación y ejecución de proyectos sobre URE en oficinas y centros de cómputo.
- Campañas de capacitación a los empleados (directivos, profesores, personal de servicio) y los usuarios (estudiantes), para que se comprometan con los proyectos de URE que se adelanten en sus respectivos programas.
- Apagar los equipos que no se estén usando en determinado instante de tiempo, en el caso de las impresoras es necesario solo encenderlas al momento en el cual se vaya hacer uso de la misma y el de los computadores apagarlos en horas de almuerzo y reuniones largas.
- Cambiar monitores de CRT por monitores de LCD, ya que se demostró que estos consumen menos potencia que los existentes.
- Realizar mantenimiento periódico a las instalaciones para la mejora continua en temas de eficiencia energética.
- Estar actualizado sobre nuevas tecnologías que puedan ser más eficientes que las que se poseen actualmente.

### Iluminación:

- Creación de un comité encargado de la preparación y ejecución de proyectos sobre URE en sistemas de iluminación.
- Campañas de capacitación a los empleados (directivos, profesores, personal de servicio) y los usuarios (alumnos), para que se comprometan con los proyectos de URE que se adelanten en sus respectivos programas.
- Apagar las luces en salones y oficinas en los momentos que no estén siendo utilizados.
- Continuar con el cambio de lámparas fluorescentes T12 por fluorescentes T8, ya que se demostró que esto significa un ahorro.
- Estudiar la viabilidad costo-beneficio para el cambio de las lámparas fluorescentes, ya sean T12 o T8, por iluminación de estado sólido, ya que con estas se demostraron ahorros muy significativos.
- Realizar mantenimiento periódico a las lámparas ya que el polvo disminuye la cantidad de luz que pueden brindar.
- El personal a cargo debe estar actualizado sobre nuevas tecnologías que puedan ser más eficientes que las que se poseen actualmente.

### Motores eléctricos:

- Evitar el arranque y la operación simultánea de dos motores, sobre todo los de mediana y gran capacidad, para disminuir el valor máximo de la demanda.
- Evitar la operación en vacío de los motores.
- Verificar periódicamente la alineación de los motores con la carga impulsada. Una alineación defectuosa puede incrementar las pérdidas por rozamiento y en caso extremo causar daños al motor mismo y a la carga.
- Corregir la caída de tensión en los alimentadores. Una tensión reducida en los terminales de motor, genera un incremento en la corriente, sobre calentamiento y disminución de su eficiencia. Las normas permiten el 5% de caída, para ello utilizar los conductores correctamente dimensionados.
- Utilizar arrancadores a tensión reducida en aquellos motores que realicen un número elevado de arranques. Con esto se evita el calentamiento excesivo en los conductores y se logra disminuir las pérdidas durante la aceleración.
- No se recomienda rebobinar más de 2 veces porque se pueden variar las características de diseño del motor lo cual incrementa las pérdidas de energía (disminución de la eficiencia).
- Realizar mantenimiento periódico tanto a las máquinas, como a las instalaciones.

Con todas las recomendaciones anteriores, se mejorará el uso racional y eficiente de la energía en los edificios de Mecánica e Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Auditoria Energética Madrid, España. Consulta en línea. 04/2008.  
Enlace: <http://www.camaramadrid.es/asp/pub/descargas/aedie.pdf>
- [2] Decreto 2331 De 2007. Consulta en línea. 09/2008.  
Enlace: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=25479#1>
- [3] Decreto 895 De 2008. Consulta en línea.  
Enlace: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=29344#1>
- [4] Fundación para el desarrollo eléctrico, “uso racional de la energía eléctrica”, Marzo de 2004.
- [5] Iluminación, “El Mundo de las Lámparas”. Consulta en línea 09/2008.  
Enlace: <http://www.silix.es/Fluorescentes.htm#lincand>
- [6] Iluminación Continental, “Iluminación, Riesgos Generales”, Mayo de 2007.
- [7] Ingeniería Eléctrica S.A., “Lámparas”, septiembre de 2007.
- [8] JARAMILLO, D. Hebert. “gestión energética en la industria”, ICESI. Julio de 2004
- [9] Maxflux “el poder de la luz”. Consulta en línea. Noviembre 2008.  
Enlace: [www.maxflux.net](http://www.maxflux.net)
- [10] MR News, “Recomendaciones para el Ahorro de Energía en Motores Eléctricos”, Marzo de 2007.
- [11] Mundo Eléctrico, “Uso Racional y Eficiente de la Energía”, Diciembre de 2007.
- [12] PÉREZ, Amalia “Protocolo de Kyoto”, Febrero de 2002
- [13] Proyectos de MDL. Consulta en línea. 05/2007.  
Enlace: [http://www.dnv.cl/certificacion/CambioClimatico/cdm\\_projects/](http://www.dnv.cl/certificacion/CambioClimatico/cdm_projects/)
- [14] Resolución 18 0606 De 2008. Consulta en línea.  
Enlace: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=30118#0>
- [15] UPME, consultoría para la formulación estratégica del plan de uso racional de energía y de fuentes no convencionales de energía 2007 – 2025.
- [16] UPME, “El Plan Energético Nacional, Estrategia Energética Integral 2003-2020”, Agosto de 2003. [www.upme.gov.co](http://www.upme.gov.co)

[17] VÉLEZ, Oscar Javier. “análisis de variables eléctricas en la subestación del transformador de 200 kVA, en el edificio de mecánica”, Julio de 2007

[18] ZEVALLOS S., Miguel Ángel. Proyecto para ahorro de energía (Perú). Abril de 2003



## **ANEXOS**

### **I. ANEXO 1: NORMATIVIDAD COLOMBIANA SOBRE EL USO RACIONAL DE ENERGÍA**

#### **LEY 697 DE 2001**

Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones.

#### **El congreso de Colombia**

#### **DECRETA:**

**Artículo 1º.** Declárese el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional, fundamental para garantizar el abastecimiento pleno y oportuno, la competitividad de la economía colombiana, la protección del consumidor y la promoción de uso de energías no convencionales de manera sostenible con el medio ambiente y los recursos naturales.

**Artículo 2º.** El Estado debe establecer las normas e infraestructura necesarias para el cabal cumplimiento de la presente ley, creando la estructura legal, técnica, económica y financiera necesaria para lograr el desarrollo de proyectos concretos, URE, a corto plazo, mediano y largo plazo, económicas y ambientalmente viables asegurando el desarrollo sostenible, al tiempo que generan la conciencia URE y el conocimiento y utilización de formas alternativas de energía.

**Artículo 3º. Definiciones.** Para efectos de interpretar y aplicar la presente ley se entiende por:

- 1. URE:** Es el aprovechamiento óptimo de la energía en todas y cada una de las cadenas energéticas, desde la selección de la fuente energética, su producción, transformación, transporte, distribución y consumo incluyendo su reutilización cuando sea posible, buscando en todas y cada una de las actividades de la cadena el desarrollo sostenible.
- 2. Uso eficiente de la energía:** Es la utilización de la energía, de tal manera que se obtenga mayor eficiencia energética, bien sea de una forma original de energía y/o durante cualquier actividad de producción, transformación, transporte, distribución y consumo de las diferentes formas de energía, dentro del marco de desarrollo sostenible y respetando la normatividad vigente sobre medio ambiente y los recursos renovables.

3. **Desarrollo sostenible:** Se entiende por desarrollo sostenible el que conduzca al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a usarlo para la satisfacción e sus propias necesidades.
4. **Aprovechamiento óptimo:** Consiste en buscar la mayor relación beneficio-costos en todas las actividades que involucren el uso eficiente de la energía, dentro del marco del desarrollo sostenible y respetando la normatividad vigente sobre medio ambiente y los recursos naturales renovables.
5. **Fuente energética:** Todo elemento físico del cual podemos obtener energía, con el objeto de aprovecharla. Se dividen en fuentes energéticas convencionales y no convencionales.
6. **Cadena energética:** Es el conjunto de todos los procesos y actividades tendientes al aprovechamiento de la energía que comienza con la fuente energética misma y se extiende hasta su uso final.
7. **Eficiencia energética:** Es la relación energía aprovechada y la total utilizada en cualquier proceso de la cadena energética, dentro del marco del desarrollo sostenible y respetando la normatividad vigente sobre medio ambiente y los recursos naturales renovables.
8. **Fuentes convencionales de energía:** Para efectos de la presente ley son fuentes convencionales de energía aquellas utilizadas de forma intensiva y ampliamente comercializadas en el país.
9. **Fuentes no convencionales de energía:** Para efectos de la presente ley son fuentes convencionales de energía, aquellas fuentes de energía disponibles a nivel mundial que son ambientalmente sostenibles, pero en el país no son empleadas de manera marginal y no se comercializan ampliamente.
10. **Energía solar:** Llámese energía solar, a la energía transportada por ondas electromagnéticas provenientes del sol.
11. **Energía eólica:** Llámese energía eólica, a la energía que puede obtenerse de las corrientes del viento.
12. **Geotérmica:** Es la energía que puede obtenerse del calor del subsuelo terrestre.

**13. Biomasa:** Es cualquier tipo de materia orgánica que ha tenido su origen inmediato como consecuencia de un proceso biológico y toda materia vegetal originada por el proceso de fotosíntesis, así como los procesos metabólicos de los organismos heterótrofos.

**14. Pequeños aprovechamientos hidroenergético:** Es la energía potencial de un caudal hidráulico en un salto determinado que no supere el equivalente a los 10 MW.

**Artículo 4°. Entidad responsable.** El Ministerio de Minas y Energía, será el responsable de promover, organizar, asegurar el desarrollo y el seguimiento de los programas de uso racional y eficiente de la energía de acuerdo a lo dispuesto en la presente ley, y cuyo objetivo es:

1. Promover y asesorar los proyectos URE, presentados por personas naturales o jurídicas de derecho público o privado, de acuerdo con los lineamientos del programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás formas de energía no convencionales (PROURE), estudiando la viabilidad económica, financiera, tecnológica y ambiental.
2. Promover el uso de energías no convencionales dentro del programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y de más formas de Energía no Convencionales (PROURE), estudiando la viabilidad tecnológica, ambiental y económica.

**Artículo 5° Creación de proure.** Crease el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás formas de energía no convencionales “PROURE”, que diseñara el Ministerio de Minas y Energía, cuyo objetivo es gradualmente aplicar programas para que toda la cadena energética, este cumpliendo permanentemente con los niveles mínimos de eficiencia energética y sin perjuicio de lo dispuesto en la normatividad vigente sobre medio ambiente y los recursos naturales renovables.

**Artículo 6° Obligaciones especiales de las empresas a servicios de públicos.** Además de las obligaciones que se desprendan de programas particulares que se diseñen, las Empresas de Servicios Públicos que generen, suministren y comercialicen energía eléctrica y gas y realicen programas URE, tendrán la obligación especial dentro del contexto de esta ley, de realizar programas URE para los usuarios considerando el aspecto técnico y financiero del mismo y asesorar a sus usuarios para la implementación de los programas URE que deban realizar en cumplimiento de la presente ley.

**Artículo 7° Estímulos y sanciones.** Para la investigación: el Gobierno Nacional propenderá de la creación de programas de investigación en el Uso Racional y

Eficiente de la Energía a través e Colciencias, según lo establecido en la Ley 29 de 1990 y el Decreto 393 de 1991.

1. Para la educación: El ICETEX beneficiará con el otorgamiento de préstamos a los estudiantes que requieran estudiar carreras o especializaciones orientadas en forma específica a la aplicación en el campo URE.
2. Reconocimiento público: El Gobierno Nacional creará distinciones para personas naturales o jurídicas, que se destaquen el ámbito nacional en la aplicación del URE; las cuales se otorgan anualmente. El Ministerio de Minas y Energía dará amplio despliegue a los galardones en los medios de comunicación más importantes del país.
3. Generales: El Gobierno Nacional establecerá los incentivos el impondrá las sanciones, de acuerdo con el programa de uso racional y eficiente de la energía y demás formas de energías no convencionales, de acuerdo a las normas legales vigentes.

**Artículo 8° Divulgación.** El Ministerio de Minas y Energía en coordinación con las entidades públicas y privadas pertinentes diseñaran estrategias para la educación y el fomento del Uso Racional y Eficiente de la Energía dentro de la ciudadanía, con base en campañas de información utilizando medios masivos de comunicación y otros canales idóneos.

**Artículo 9° Promoción del uso de fuentes no convencionales de energía.** El Ministerio de Minas y Energía formulará los lineamientos de las políticas e instrumentos para el fomento y la promoción de las fuentes no convencionales de energía, con prelación en las zonas no interconectadas.

**Artículo 10°.** El Gobierno Nacional a través de los programas que se diseñen, incentivará y promoverá a las empresas que produzcan piezas, calentadores, paneles solares, generadores de biogás, motores eólicos, y/o cualquier otra tecnología o producto que use como fuente total o parcial las energías no convencionales, ya se con destino a la venta directa al publico o a la producción de otros implementos, orientados en forma especifica a proyectos en el campo URE, de acuerdo a las normas legales vigentes.

**Artículo 11° Vigencia.** La presente Ley rige a partir de la fecha de su promulgación y deroga las disposiciones que le sean contrarias. [11]

## **II. ANEXO 2: DECRETO 2331 DE 2007 (junio 22)**

Por el cual se establece una medida tendiente al uso racional y eficiente de energía eléctrica.

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA,

en ejercicio de sus facultades constitucionales y legales y en especial las que le confiere el numeral 11 del artículo 189 de la Constitución Política, en concordancia con lo establecido en las Leyes 143 de 1994 y 697 de 2001, y

CONSIDERANDO:

Que el artículo 66 de la Ley 143 de 1994, establece que el ahorro de la energía, así como su conservación y uso eficiente, es uno de los objetivos prioritarios en el desarrollo de las actividades del sector eléctrico; Que la Ley 697 de 2001, declaró el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional y en ese sentido su artículo 2° dispuso que el Estado debe crear la estructura legal, técnica, económica y financiera necesaria para lograr el desarrollo de este tipo de proyectos a corto, mediano y largo plazo, económica y ambientalmente viables, asegurando el desarrollo sostenible, al tiempo que generen la conciencia URE;

Que el objetivo fundamental de la ley antes mencionada y de su Decreto Reglamentario 3683 de 2003, es promover el uso racional y eficiente de la energía y demás formas de energía no convencionales, de tal manera que se tenga la mayor eficiencia energética para asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad de la economía colombiana, la protección al consumidor y la promoción de fuentes de energía no convencionales, de manera sostenible con el medio ambiente y los recursos naturales;

Que de conformidad con el artículo 8° literal e) del mencionado Decreto 3683 de 2003, el Ministerio de Minas y Energía con el apoyo de la Comisión de Uso Racional y Eficiente de Energía, CIURE, debe efectuar el seguimiento de las metas y variables energéticas y económicas que permitan medir el avance en la implementación del Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE;

Que se hace necesario implementar medidas que permitan la operatividad y el logro de los objetivos de las normas anteriormente expuestas;

Que dentro de las medidas que logran el objetivo concreto de ahorro de energía, se encuentra el cambio de las bombillas incandescentes por bombillas ahorradoras específicamente el cambio de luminarias a LFC (Lámparas Fluorescentes Compactas), garantizando una eficiencia apreciable con adecuados

niveles de iluminación y menos consumo de energía eléctrica, razón por la cual es imperativa dicha exigencia a las edificaciones sede de las entidades públicas;

Con base en lo expuesto,

**DECRETA:**

**Artículo 1º. Objeto y campo de aplicación.** Adicionado por el art. 1, Decreto Nacional 895 de 2008. Este Decreto tiene por objeto la utilización o sustitución en los edificios cuyos usuarios sean entidades oficiales de cualquier orden, de todas las bombillas incandescentes por bombillas ahorradoras específicamente Lámparas Fluorescentes Compactas (LFC) de alta eficiencia.

**Artículo 2º. Plazo.** Adicionado por el art. 2, Decreto Nacional 895 de 2008. A partir de la vigencia del presente decreto, los proyectos de construcción de edificios, en proceso de planeación, diseño, aprobación de autoridad competente o en ejecución, cuyos usuarios sean entidades oficiales de cualquier orden, deberán prever la utilización de bombillas ahorradoras de energía específicamente Lámparas Fluorescentes Compactas (LFC) de alta eficiencia.

En relación con las edificaciones ya construidas, cuyos usuarios sean entidades oficiales de cualquier orden, tendrán plazo hasta el 31 de diciembre de 2007 para sustituir todas las bombillas incandescentes por bombillas ahorradoras de energía específicamente Lámparas Fluorescentes Compactas (LFC) de alta eficiencia.

**Artículo 3º. Monitoreo, seguimiento y control.** Modificado por el art. 3, Decreto Nacional 895 de 2008. El Ministerio de Minas y Energía efectuará las acciones de monitoreo, seguimiento y control que permitan medir el avance del programa de utilización o sustitución de bombillas incandescentes por bombillas ahorradoras de energía específicamente Lámparas Fluorescentes Compactas (LFC) de alta eficiencia, así como determinar el potencial de ahorro de la energía, la magnitud del impacto que se produce y la evaluación de las medidas. También implementará la forma de reciclar los equipos ineficientes altos consumidores de energía eléctrica.

**Artículo 4º. Vigencia.** El presente decreto entrará en vigencia a partir de la fecha de su publicación en el **Diario Oficial**. [2]

### III. ANEXO 3: DECRETO 895 DE 2008 (marzo 28)

Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 2331 de 2007 sobre uso racional y eficiente de energía eléctrica.

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA,

en ejercicio de sus facultades constitucionales y legales y en especial las que le confiere el numeral 11 del artículo 189 de la Constitución Política, en concordancia con lo establecido en las Leyes 143 de 1994 y 697 de 2001, y

CONSIDERANDO:

De conformidad con lo establecido en el artículo 66 de la Ley 143 de 1994 y en el artículo 2° de la Ley 697 de 2001, se dispuso como objetivo estatal el ahorro de la energía, así como su conservación y uso eficiente en el desarrollo de las actividades del sector eléctrico, para lo cual se ordenó crear la estructura legal, técnica, económica y financiera necesaria para lograr el desarrollo de este tipo de proyectos a corto, mediano y largo plazo, económica y ambientalmente viables, asegurando el desarrollo sostenible, al tiempo que generen la conciencia URE;

Que con fundamento en la anterior normatividad se expidió el Decreto 2331 de 2007, el cual estableció la obligatoriedad del cambio de bombillas incandescentes por lámparas ahorradoras de energía, específicamente lámparas fluorescentes compactas de alta eficiencia; sin embargo, existen otras tecnologías con las que se podría lograr el mismo propósito, con mayor eficacia lumínica, en forma tal que resulta imperativa su regulación;

Con base en lo expuesto,

DECRETA:

**Artículo 1°.** Adiciónese el artículo 1° del Decreto 2331 de 2007, con los siguientes incisos:

"En todo caso, las Entidades Públicas de cualquier orden, deberán sustituir las fuentes de iluminación de baja eficacia lumínica, por fuentes lumínicas de la más alta eficacia disponible en el mercado.

El Ministerio de Minas y Energía establecerá mediante resolución los requisitos mínimos de eficacia, vida útil y demás especificaciones técnicas de las fuentes de iluminación que se deben utilizar.

No será procedente la sustitución para las Entidades Públicas, cuando para efectos del cumplimiento de sus actividades específicas requieran el uso de lámparas de menor eficacia".

**Artículo 2°.** Adiciónese el artículo 2° del Decreto 2331 de 2007, con el siguiente:

"Para efectos del presente artículo, también se deberán utilizar las fuentes lumínicas de la más alta eficacia disponible en el mercado".

**Artículo 3°.** Modifícase el artículo 3° del Decreto 2331 de 2007, el cual quedará así:

"Monitoreo y seguimiento. A partir de la vigencia del presente decreto, las entidades públicas reportarán semestralmente al Ministerio de Minas y Energía, en el formato que para tal fin diseñará y publicará el Ministerio, las medidas adoptadas y los logros obtenidos en materia de consumo energético, a efectos de medir el avance del programa de sustitución. El Ministerio de Minas y Energía publicará en su página Web el informe del cumplimiento y el impacto de la medida a nivel nacional.

Parágrafo. El primer reporte sobre sustitución y uso de lámparas deberá ser presentado a más tardar el 30 de junio de 2008, con información desde junio de 2007".

**Artículo 4°.** *Recolección y disposición final de las luminarias y dispositivos de iluminación.* El manejo posconsumo de los productos de desecho que contengan residuos o sustancias peligrosas, se hará de acuerdo con las normas legales y reglamentarias expedidas por la autoridad competente.

**Artículo 5°.** Vigencia. El presente decreto entrará en vigencia a partir de la fecha de su publicación en el Diario Oficial. [3]



#### **IV. ANEXO 4: RESOLUCIÓN 18 0606 DE 2008 (abril 28)**

Por la cual se especifican los requisitos técnicos que deben tener las fuentes lumínicas de alta eficacia usadas en sedes de entidades públicas.

EL MINISTRO DE MINAS Y ENERGÍA,

En ejercicio de sus facultades legales, en especial las que le confiere el Decreto 3683 de 2003 y la Ley 697 de 2001, y

CONSIDERANDO:

Que el artículo 66 de la Ley 143 de 1994, establece que el ahorro de la energía, así como su conservación y uso eficiente, es uno de los objetivos prioritarios en el desarrollo de las actividades del sector eléctrico;

Que la Ley 697 de 2001, declaró el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional y en ese sentido su artículo 2° dispuso que el Estado debe crear la estructura legal, técnica, económica y financiera necesaria para lograr el desarrollo de este tipo de proyectos a corto, mediano y largo plazo, económica y ambientalmente viables, asegurando el desarrollo sostenible, al tiempo que generen la consciencia URE;

Que el objetivo fundamental de la ley antes mencionada y de su Decreto Reglamentario 3683 de 2003, es promover el uso racional y eficiente de la energía y demás formas de energía no convencionales, de tal manera que se tenga la mayor eficiencia energética para asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad de la economía colombiana, la protección al consumidor y la promoción de fuentes de energía no convencionales, de manera sostenible con el medio ambiente y los recursos naturales;

Que se expidieron los Decreto 2331 de 2007 y 895 de 2008 que establecen la obligatoriedad del cambio de bombillas incandescentes por bombillas o lámparas ahorradoras de energía específicamente bombillas o lámparas fluorescentes compactas de alta eficiencia, la sustitución de fuentes lumínicas de baja eficacia por fuentes de mayor eficacia y vida útil, que requieren la definición de especificaciones técnicas para su correcta aplicación;

Que se hace necesario precisar los valores mínimos de eficacia de las fuentes a utilizar, así como el factor de potencia, la vida útil, niveles de armónicos y otros requerimientos técnicos, para cumplir el objetivo de uso racional y eficiente de energía objeto de los Decretos 2331 de 2007 y 895 de 2008;

Con base en lo expuesto,

**RESUELVE:**

**Artículo 1°.** *Objeto y campo de aplicación.* Esta resolución tiene por objeto determinar las especificaciones técnicas mínimas aceptadas en la sustitución y uso de fuentes lumínicas en los edificios que sean sede de entidades públicas de cualquier orden, independientemente de quien ostente la propiedad del inmueble.

**Artículo 2°.** *Especificaciones técnicas.* Las fuentes lumínicas usadas en las edificaciones que sean sede de entidades públicas de cualquier orden, deberán cumplir como mínimo las siguientes especificaciones técnicas:

**2.1 Bombillas ahorradoras de energía tipo fluorescente compacta (balasto integrado)**

**Tabla 28. Factores de las luminarias.**

Potencia en W de la bombilla o lámpara fluorescente compacta con balasto integrado	Eficacia media mínima [Lúmenes por W]		Mínimo Factor de potencia	Máxima distorsión total de armónicos	Mínima Vida útil en horas
	sin cubierta envolvente	con cubierta envolvente			
< 7	44	35	0.5	150%	6.000
>7 y < 10,	49	38	0.5	150%	6.000
>10 y < 14,	50	39	0.5	150%	6.000
>14 y < 18	52	44	0.5	150%	6.000
>18 y < 27	55	47	0.5	150%	6.000
>27 y < 45	58	50	0.9	140%	8.000
> 45	64	55	0.95	120%	9.000

Especificaciones de bombillas o lámparas fluorescentes con balasto integrado, de alta eficacia.

**2.2 Lámparas fluorescentes tipo tubos lineales.** Las lámparas fluorescentes que reemplacen a los tubos fluorescentes T 12 serán fuentes lumínicas con eficacias no menores a 80 Lm/W y vida útil no menor a 10.000 horas. Estas fuentes podrán ser tubos fluorescentes T 5 o T 8, o fuentes de otras tecnologías, siempre que la eficacia sea superior a los 80 Lm/W.

**2.3 Las bombillas o lámparas halógenas (Dicroicas).** Son lámparas incandescente halógenas y solo deberán ser utilizadas para resaltar disposiciones arquitectónicas mediante la iluminación de las mismas, pero no como fuentes luminosas para la iluminación general de áreas, en este caso deberán ser reemplazadas por bombillas o lámparas de descarga de halogenuros metálicos de mayor eficacia lumínica, lámparas fluorescentes compactas de alta eficacia lumínica, diodos emisores de luz u otras fuentes de eficacia superior a las que se están sustituyendo.

**2.4 Bombillas o lámparas de descarga de mercurio.** Las bombillas o lámparas de mercurio tradicionales deberán ser reemplazadas por bombillas o lámparas de sodio alta presión, pero en el caso de requerirse la luz blanca se podrán cambiar por bombillas de halogenuros metálicos u otras fuentes con eficacias no menores a 70 Lm/W y vida útil no menor a 10.000 horas.

**2.5 Bombillas o lámparas de descarga de sodio.** Se deberán usar bombillas o lámparas de sodio de alta presión con eficacias no menores a 90 Lm/ W. En aplicaciones donde se permita el uso de bombillas o lámparas de sodio de baja presión, estas deben tener eficacia superior a los 100 Lm/ W.

**2.6 Bombillas o Lámparas de inducción.** Las lámparas de inducción utilizadas deberán tener eficacias no menores de 80 Lm /W y vida útil superior a las 60.000 horas.

**2.7 Balastos.** Los balastos de bajo factor de eficacia deberán ser sustituidos por balastos de pérdidas no mayores al 20% para sistemas de alta intensidad de descarga, y de pérdidas no mayores al 18% para tubos fluorescentes.

**2.8 Luminarias y proyectores.** Las luminarias y proyectores que se requieran para el cambio o instalación de equipos nuevos de iluminación deben tener un conjunto óptico con una eficiencia de por lo menos el 80% de la luz emitida por la fuente luminosa.

**Artículo 3°. Cumplimiento de disposiciones sobre salud ocupacional y calidad de iluminación.** La sustitución de fuentes lumínicas de baja eficacia y el reemplazo por fuentes de mayor eficacia, en sedes de entidades públicas debe tener en cuenta las disposiciones que sobre salud ocupacional en materia de niveles de iluminación, uniformidad en la iluminación, que haya determinado o determine la

autoridad competente. Igualmente en algunos casos especiales se deberán atender los requerimientos de índice de reproducción cromática y de confort con base en el control de deslumbramiento.

**Artículo 4°. *Certificado de producto.*** El fabricante o importador de los productos utilizados en iluminación de edificaciones sede de entidades públicas, a que hace referencia esta resolución, deberá demostrar el cumplimiento de los requisitos aquí establecidos mediante un certificado de producto, expedido por un organismo de certificación debidamente acreditado. Para la adquisición de estos productos se deberá solicitar al fabricante, importador o comercializador, copia del respectivo certificado de producto.

**Artículo 5°. *Monitoreo y seguimiento.*** El ahorro en el consumo de energía como resultado de la aplicación de esta medida se efectuará con base en la información sobre los usuarios oficiales reportada por los comercializadores de energía a través del Sistema Único de Información de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Adicionalmente las entidades a las cuales aplica la presente resolución deberán reportar semestralmente al Ministerio de Minas y Energía la información relacionada con la aplicación de la presente medida en el formato anexo el cual hace parte integral de la presente resolución y que será publicado en la página web del Ministerio de Minas y Energía para su diligenciamiento y el envío respectivo deberá hacerse a través del correo electrónico [urepublicas@minminas.gov.co](mailto:urepublicas@minminas.gov.co)

**Parágrafo.** El primer informe sobre sustitución y uso de fuentes lumínicas deberá ser presentado a más tardar el 30 de junio de 2008, con información desde junio de 2007.

**Artículo 6°. *Vigencia.*** La presente resolución entrará en vigencia a partir de la fecha de su publicación en el ***Diario Oficial***.

## **ANEXO**

Para determinar el cumplimiento de la medida de sustitución y uso de fuentes lumínicas en edificios que sean sede de entidades públicas de cualquier orden, se deberá diligenciar el formato adjunto de datos de inventario de lámparas, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- El primer reporte de la información se deberá presentar a más tardar el 30 de junio de 2008, incluyendo datos con corte al 30 de junio de 2007, 30 de septiembre de 2007, 31 de diciembre de 2007 y 31 de marzo de 2008.
- Los siguientes reportes deberán ser semestrales con información trimestral así:
  - a) En diciembre 31 del año i: Se deberá presentar información con corte a 30 de junio y 30 de septiembre del año i;

b) En junio 30 del año i+1: Se deberá presentar información con corte a 31 de diciembre del año i y 31 de marzo del año i+1.

**Tabla 29. Formato**

NIU	ENTIDAD	CODFTE	POTENCIA W	CANTEXIST	TRIM	AÑO	OBSERVAC
1	2	3	4	5	6	7	8

Donde,

1. NIU: Digite el Número de Identificación Único que aparece en la factura de energía eléctrica.
2. ENTIDAD: Digite el nombre de la entidad oficial que está reportando la información. Ejemplo: Ministerio de Minas y Energía.
3. CODFTE: Digite el Código de la fuente lumínica de acuerdo con la siguiente tabla:

**Tabla 30. Códigos**

CODFTE	Detalle
LI	Lámparas Incandescentes de filamento de tungsteno
LIH	Lámparas Incandescentes Halógenas (DICROICA)
LFC	Lámparas Fluorescentes Compactas
MER	Lámparas de Mercurio
SOD	Lámparas de Sodio
LOT	Lámparas de Otros tipos

TF5	Tubos fluorescentes TIPO T5 (diámetro 17 mm)
TF8	Tubos fluorescentes TIPO T8 (diámetro 28 mm)
TF12	Tubos fluorescentes TIPO T12 (diámetro 40,5 mm)
TFC	Tubos fluorescentes Circulares
TFOT	Tubos fluorescentes de Otros tipos

4. POTENCIAW: Digite la potencia en W de la fuente lumínica que está reportando.

5. CANTEXIST: Digite la cantidad de luminarias existente del tipo que está reportando.

6. TRIM: Seleccione el trimestre que está reportando, de acuerdo con la siguiente tabla:

**Tabla 31. Trimestres**

TRIM	Detalle
1	I Trimestre: 1° ENE - 31 MAR
2	II Trimestre: 1° ABR - 30 JUN
3	III Trimestre: 1° JUL - 30 SEP
4	IV Trimestre: 1° OCT - 31 DIC

7. AÑO: Corresponde al año de reporte. Se debe reportar con 4 dígitos. Ejemplo: 2007.

8. OBSERVACIONES: Digite si tiene alguna observación. [13]